الخرائط الكنتورية

تفسيرها وقطاعاتها

دكتور
أحمد أحمد مصطفى
قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الإسكندرية

دار المعرفة الجامعية
٤٠ ش سوتير - الأزاريطة - ت ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي - ت ٥٩٧٣١٤٦

الخرائط الكنتورية

إنشاؤها وتفسيرها وتطاماتها

بسم الله الرحمن الرحيم

إهـــداء

إليها أينما كانت ...

وفى كل الأوقات ...

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وخاتم النبيين سيدنا محمد بن عبد الله وعلى آله وصحبه ومن دعا بدعوته واهتدى بهديه إلى يوم الدين، وبعد.

تعتبر الخريطة الكنتورية من أهم الوثائق العلمية التى تعتمد عليها الدراسات الجغرافية المختلفة، كما أنها تحتل مركز الصدارة بالنسبة للأدوات التى تستخدم فى الدراسة الميدانية البشرية منها والطبيعية. وإذا كانت الدراسات البشرية ترى فى الخريطة الطبوغرافية خريطة أساس عامة يضاف إليها بيانات خاصة، ويستنتج منها علاقات تفيد فى تشخيص المشكلات الجغرافية وتحليلها، وإبراز إمكانات المناطق المختلفة، فإن من عناصر تلك الخريطة خطوط الكنتور التى تبين أشكال سطح الأرض ومناسيبها وإنحداراتها ومنحدراتها. وتعد أشكال سطح الأرض من العناصر الطبيعية للبيئة الجغرافية حيث توجه العمران البشرى منها وتحد من إمتداده وإتساعه. والناظر إلى خريطة توزيع السكان يلمس تطابقاً بين هذا التوزيع وأشكال سطح الأرض الرئيسية. كما أن الدراسات الخاصة بالعمران الريفى والحضرى ترى فى دراسة خصائص سطح الأرض أحد العوامل الهامة التى تحدد نمط العمران بصفة عامة من حيث الشكل ومناطق التجمع والتبعثر العمرانى. وكذلك ترى الجغرافيا الزراعية فى عنصرى المنسوب والإنحدار عاملان يؤثران فى تخطيط شبكة الرى والصرف، وفى القدرة الإنتاجية للتربة، وفى إمكانات الإستغلال الزراعى وتنوعه. هذا على سبيل المثال وليس الحصر فى دور الخريطة الكنتورية فى الدراسات المختلفة للجغرافيا البشرية.

أما بالنسبة للوجه الطبيعى للعملة الجغرافية، فتعتبر الخريطة الكنتورية أهم وسيلة من وسائل الدراسة الجيومورفولوجية المكتبية والحقلية، والمتصفح لهذا الكتاب سوف يلمس تلك الأهمية. كما أن دراسة الخريطة الكنتورية توضح عامل

المنسوب وتوجيه المرتفعات الذى له أهمية خاصة فى الدراسات المناخية التى تؤثر بدورها فى طبيعة الغطاء الحيوى.

وقد اعتادت المصنفات الخرائطية تناول الخريطة الكنتورية كموضوع ضمن الموضوعات التى تعالجها. وفى ظنى أن هذا الكتاب يعتبر أول محاولة تعالج الخريطة الكنتورية بصورة منفردة شاملة. وقد كان تخصص الكاتب فى الجيومورفولوجيا وراء الإهتمام الواضح فى إبراز دور الخريطة الكنتورية فى هذا الفرع من الدراسات الجغرافية. وفى نفس الوقت فإنه يلمس نقصاً واضحاً فى إبراز الفوائد التطبيقية للخريطة الكنتورية فى شتى المجالات، فهذا يلزم له الإلمام الواسع العميق بكل الدراسات الجغرافية فى وقت أصبح التخصص الدقيق هو سمة الجغرافيا الحديثة نتيجة لتشعب المعرفة الإنسانية. ولايدعى الكاتب الكمال فيما يقدمه فالكمال لله وحده سبحانه وتعالى.

وهذا الكتاب حصيلة خبرات عديدة واسعة تجمعت خلال الممارسة العملية فى إنشاء الخرائط الكنتورية وقراءتها وإستخداماتها، وفى تدريس مقرر الخرائط الكنتورية فى شعبة المساحة والخرائط بأقسام الجغرافيا فى جامعتى الإسكندرية وطنطا. وقد وضعت فى إعتبارى عند إعداد هذا الكتاب أن يخرج الطالب منه بصورة متكاملة عن كيفية إنشاء الخريطة الكنتورية وقطاعاتها وإستعمالاتها المختلفة.

وإنى إذ أتقدم بهذا الجهد المتواضع الذى أضيفه إلى المكتبة الجغرافية العربية لابد لى أن أذكر فضل أساتذتى الذين تتلمذت على أيديهم أو الذين تعلمت مما كتبوه، وأولهم وأولادهم به أستاذىَ الأستاذ الدكتور على عبد الوهاب شاهين أستاذ الجغرافيا الطبيعية بجامعة بيروت العربية، والأستاذ الدكتور جودة حسنين جودة أستاذ الجغراقيا الطبيعية وعميد كلية الآداب بجامعة الإسكندرية اللذان شجعانى كثيراً كى أواصل المسيرة فى الدرب الخرائطى،

ولولاهما ما خرج هذا الكتاب إلى النور. كما أوجه الشكر إلى السيد / صابر عبد الكريم صاحب ومدير مؤسسة دار المعرفة الجامعية على تفضله بنشر هذا الكتاب، وكذلك السيد الكيميائى / محمد منير الشراكى صاحب ومدير مركز إسكندرية للجمع التصويرى على جهده الكبير فى إخراج هذا الكتاب فى صورته اللائقة.

والله من وراء القصد ومنه التوفيق.

الأسكندرية – سبتمبر ١٩٨٧

د. أحمد مصطفى

مقدمة الطبعة الثانية

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين وخاتم النبيين، سيدنا محمد عليه الصلاة وأفضل التسليم، وعلى آله وصبحه أجمعين، وعلى من دعا بدعوته واهتدى بهديه إلى يوم الدين، وبعد ...

هذه هى الطبعة الثانية من كتاب الخرائط الكنتورية – تفسيرها وقطاعاتها بعد أن نفذت الطبعة الأولى واصداراتها الستة. وقد استشعرت أثناء تدريسى لهذا الموضوع بعض جوانب تحتاج إلى زيادة فى الإيضاح وذلك فى الفصل الأول الخاص بإنشاء الخريطة الكنتورية، وجوانب تحتاج إلى تكملة وذلك فى الفصل الثانى الخاص بتفسير الخريطة الكنتورية وتحليلها، وجوانب ثالثة تحتاج إلى إثراء وتعميق المعرفة الخاصة بالتحليل المورفومترى لأحواض التصريف المائى السطحى بالإستعانة بالخريطة الكنتورية وذلك فى الفصل السابع، وقد حاولت فى هذه الطبعة الثانية استدراك تلك الأمور.

كما أضفت جزءاً إلى الفصل الخامس خاص بالتجسيم الاستريوسكوبى للخريطة الكنتورية، وهو أسلوب خرائطى يتيح لمستخدم الخريطة الكنتورية رؤية سطح الأرض بأبعاده الثلاثة حتى يسهل ملاحظة أشكال سطح الأرض ودراستها. ويجمع هذا الأسلوب بين تقنيات تجسيم الصورة الجوية والتى تحتاج إلى عمليات خاصة لمعالجتها كمياً والقيم الكمية لظاهرات سطح الأرض كما تبينها الخريطة الكنتورية.

هذا وقد حرصت على تزويد هذه الطبعة بأشكال وخرائط توضيحية إضافية، وعنيت بتوثيق موضوعاتها المضافة بقائمة وافية من المراجع العربية وغير العربية.

وإننى إذ أقدم هذا الجهد لزملائى وتلاميذى أسأل الله تعالى لهم الفائدة والنفع به والله ولىّ التوفيق ..

الأسكندرية – ١٩٩٨م

د. أحمد أحمد مصطفى

محتويات الكتاب

محتويات الكتاب

الصفحة

إهداء	
مقدمة	٩ – ١٢
مقدمة الطبعة الثانية	١٣ – ١٤
محتويات الكتاب	١٥ – ١٨
مقدمة	١٩ – ٢٤
الفصل الأول : إنشاء الخريطة الكنتورية	٢٥ – ٧٠
الفصل الثاني : تفسير خطوط الكنتور وقراءة الخريطة الكنتورية وتحليلها	٧١ – ١٣٤
الفصل الثالث : القطاعات التضاريسية من الخريطة الكنتورية	١٣٥ – ١٥٨
الفصل الرابع : القطاعات البيانية المساحية من الخريطة الكنتورية	١٥٩ – ١٧٦
الفصل الخامس : خرائط التحليل الخرائطي (الكارتوجرافي) للخريطة الكنتورية	١٧٧ – ٢١٠
الفصل السادس : تظليل التضاريس من الخريطة الكنتورية	٢١١ – ٢٣٦
الفصل السابع : التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي السطحي من الخريطة الكنتورية	٢٣٧ – ٢٦٨
الفصل الثامن : بعض الفوائد التطبيقية للخريطة الكنتورية	٢٦٩ – ٢٨٦

المراجع الرئيسية	٢٨٧ – ٢٩٤
ملحق جداول الأستاديا	٢٩٥ – ٣١٦
ملحق التمرينات التطبيقية	٣١٧ – ٣٧٨

مقدمة :

تعتبر خرائط التضاريس من أهم الخرائط التى يستخدمها الجغرافى فى دراسته لسطح الأرض. ويقسم الجغرافى مظاهر السطح إلى ظاهرات موجبة مثل الجبال والهضاب وأخرى سالبة مثل السهول والأحواض. وهو يعامل سطح الأرض فى دراسته معاملة المسرح الذى تلعب عليه العوامل الجغرافية الأخرى دورها. ويتحدد فى تفاعل هذه العوامل مع بعضها ومع المسرح الشخصية الجغرافية للمكان، وهذا ماترمى إليه الجغرافيا فى النهاية.

وتبرز أهمية مظاهر السطح من وجهة النظر الجغرافية فى ناحيتين :

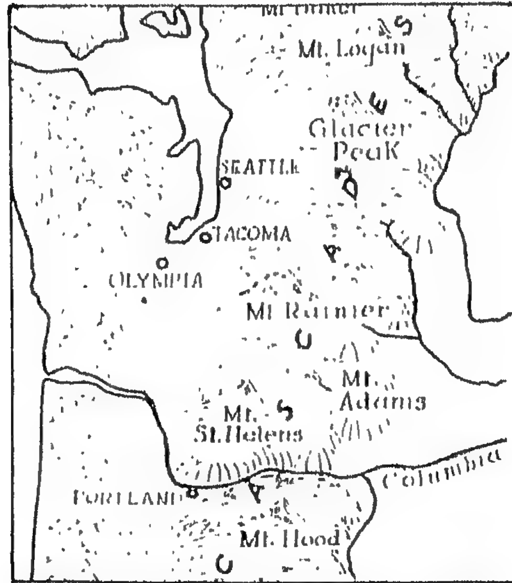
١ - المنسوب : أى مدى إرتفاع وإنخفاض السطح عن متوسط مستوى سطح البحر. وتبرز دراسة المنسوب الظاهرات التضاريسية حتى يمكن تصنيفها، كما أنها تضفى على المكان نمطاً تضاريسياً معيناً. ولايخفى أيضاً ما للمنسوب من أثر على المناخ وبالتالى يحدد نوع الحياة النباتية الطبيعية والمزروعة فى المنطقة، وهذا على سبيل المثال لا الحصر.

٢ - الإنحدار : يؤثر الإنحدار فى شكل وطبيعة جريان المياه السطحية وما يتبع ذلك من توفر هذه المياه أو قلتها من مكان لآخر، وهذا بدوره يؤثر على إمكانية إستقرار وتركز الإنسان فى مكان معين. كما أن للإنحدار تأثيره المباشر على ظاهرة إنجراف التربة، وتأثيره على وسائل المواصلات وفى حركة الإنسان وإنتقاله على سطح الأرض. ويتحدد عنصر الإنحدار فى معرفة قيمته أى درجته أو نسبته، وإختلاف هذه القيمة على طول إتجاه معين أو فى منطقة معينة يعطى أشكال المنحدرات التى لها أيضاً دور مؤثر على النشاط البشرى.

ولقد حاول الإنسان منذ القدم تمثيل سطح الأرض على الخرائط وقد اعترضته مشكلات تمثيل المظهر ذى الأبعاد الثلاثة على اللوحة ذات البعدين، وفى سبيل ذلك ضحى ببعض النواحى الخاصة بإبراز المنسوب أو قيمة الإنحدار أو

شكل المنحدر. ولهذا فقد اختلفت الطرق الخرائطية الخاصة برسم معالم سطح الأرض، وكل طريقة كانت تحقق شرط من شروط عناصر سطح الأرض الثلاثة، إلى أن اكتشفت طريقة خطوط الكنتور فحققت كل الشروط. وقبل أن نتعرض لهذه الطريقة وإستعمالاتها بالدراسة، يحسن أن نستعرض سريعاً الطرق الخرائطية الأخرى.

أولاً : طريقة الرسم المنظور : وتبين هذه الطريقة ظاهرات سطح الأرض حسب المسقط الجانبي لها (شكل ١) وهي إن دلت على مواقع تلك الظاهرات بصورة تقريبية وبينت أنماط أشكال المنحدرات بصورة تقريبية أيضاً فإنها لاتبين عنصري المنسوب وقيمة الإنحدار. وتعتمد هذه الطريقة على دقة ووعي الشخص الذي يقوم بها، وهي أقرب إلى الفن منها إلى الطرق العلمية التي لها أصولها وقواعدها.

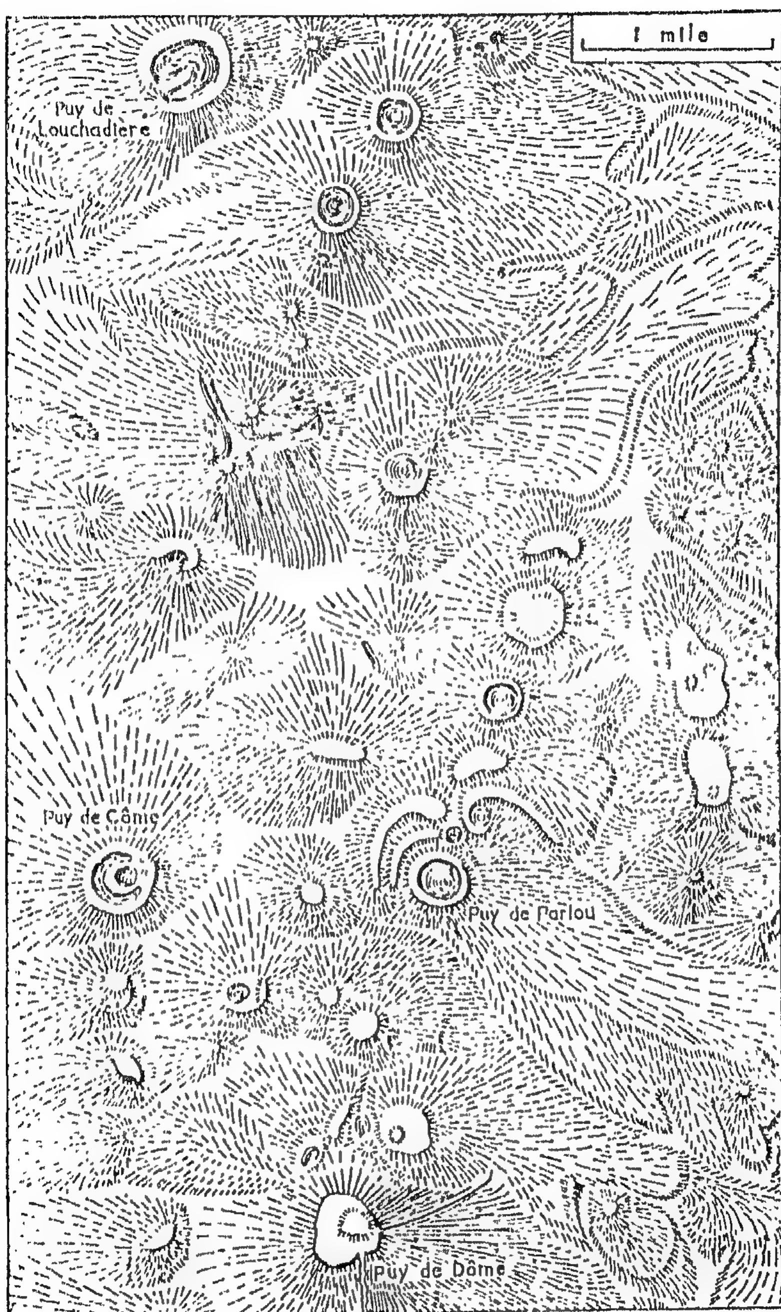


شكل رقم (١)

ثانياً : نقط المناسيب : نقطة المنسوب هى نقطة سجل عندها البعد الرأسى عن متوسط منسوب سطح البحر. وقد عرفنا فى علم المساحة أن كل دولة تحدد نقطة يبدأ منها تسلسل القياس بين مستوى سطح البحر (مستوى المقارنة العام) وبين نقط أخرى بداخلها مهما طالت المسافة بينهما، وذلك عن طريق إجراء ميزانيات دقيقة لغرض تثبيت هذه النقط فى الطبيعة وتحديد مناسيبها فى شتى أنحاء الدولة. وتعرف هذه النقط باسم الروبيرات التى يمكن الرجوع إليها عند الحاجة لقياس وحساب مناسيب سطح الأرض. وتعطى هذه المناسيب تحديداً دقيقاً لارتفاع وإنخفاض سطح الأرض عن متوسط منسوب سطح البحر، ولكنها لاتعطى الإحساس بمدى تضرس هذا السطح. وعليه فلا يمكن إعتبار نقط المناسيب هدفاً نهائياً لتمثيل سطح الأرض على الخرائط، ولكن يمكن النظر إليها كمرحلة أولى فى إبراز هذا السطح بطرق خرائطية أخرى.

ثالثاً : خطوط الهاشور : وهى عبارة عن خطوط تختلف فى سمكها وطولها وكثافتها تبعاً لاختلاف قيمة الإنحدار وشكل المنحدر. فهى تقل وتتباعد ويزداد طولها ويقل سمكها فى المناطق بطيئة الانحدار، وينعدم وجودها تماماً إذا كان سطح الأرض مستوياً سواء كان هذا السطح قمة جبل أو قاع حوض، فتظهر المنطقة بدون تشهير. وتظهر المناطق شديدة الانحدار جداً والمنحدرات حائطية الشكل على شكل مساحات سوداء (شكل ٢).

وتعتبر خطوط الهاشور نوعاً من أنواع التظليل، وتستخدم لتعطى الإحساس بمدى تعقد التضاريس ولكن ليس على أساس مساحى دقيق. ولذا فإنه عند تنفيذ هذه الطريقة يجب أن يسبقها علم تام بطبيعة سطح الأرض. وهذه الخطوط وإن كانت تعطى إنطباعاً سريعاً وواضحاً عن التضاريس وتبين تفاصيل دقيقة لا توضحها الخرائط التضاريسية الأخرى، خاصة التفاصيل التى لها أهمية خاصة فى الدراسات الجيومورفولوجية، وتبين شكل المنحدر، إلا أنها لاتبين قيمته، ولايمكن عند إستخدامها وحدها أن تحدد مدى الإرتفاع والإنخفاض عن متوسط سطح البحر. ولهذا يكثر عند إستخدامها وضع عديد من نقط المنسوب فوق المرتفعات



1 mile
Puy de Louchadiere
Puy de Côme
Puy de Pariou
Puy de Dôme

شكل رقم (٢)

لإبرازها وفى بطون الأودية وقيعان الأحواض للدلالة عليها. كما أن كثيراً ما تطغى خطوط الهاشور على المعالم الطبوغرافية للمنطقة التى تمثلها الخريطة خاصة إذا كانت مطبوعة باللون الأسود فقط. هذا إلى جانب صعوبة رسمها إذ أنها تحتاج إلى مهارة خاصة يندر توفرها بين صناع الخرائط.

ويرجع إستخدام خطوط الهاشور كوسيلة لتمثيل تضاريس سطح الأرض إلى عهد بعيد، ولكن الذى وضع الأسس العلمية لها الخرائطى الألمانى ليمان Lehmann فى نهاية القرن الثامن عشر. وقد افترض ليمان سقوط الضوء على التضاريس الأرضية من أعلى، ومن ثم فإن المنطقة المستوية المسطحة تظهر باللون الأبيض لأنها تتمتع بكمية كبيرة من الضوء. أما المناطق المنحدرة فإنها تأخذ ظلالاً داكنة تزداد مع زيادة درجة إنحدار سطح الأرض. ويمثل إنحدار سطح الأرض خطوط متوازية تتبع فى إنحدارها الإتجاه الذى تنحدر إليه المياه السطحية.

رابعاً : خطوط الكنتور : على الرغم من أن طريقة خطوط الكنتور قد استخدمت لتمثيل سطح الأرض لأول مرة فى القرن الثامن عشر عام ١٧٩١، إلا أنها مازالت تستخدم أكثر من عيرها فى الوقت الحاضر بل أنه فى كثير من الأحيان لايستخدم غيرها. وخط الكنتور هو خط متساوى القيمة يمر ويربط نقط متساوية فى قيمة منسوبها. ويتم إنشاء الخريطة الكنتورية على أساس نقط المناسيب سالفة الذكر. ولكن يشترط أن تكون هذه النقط كافية لإمكان تمثيل المظهر الحقيقى لأشكال سطح الأرض، خاصة إذا كانت المنطقة شديدة التضرس. وتمتد خطوط الكنتور على شكل حلقات على أبعاد أفقية متفاوتة، وتتقارب أو تتباعد لتعطى أنواعاً من المنحدرات وتستقيم وتنثنى داخل بعضها البعض بأوضاع متباينة فتبين ظاهرات متنوعة من أشكال سطح الأرض وصورها مثل الأودية والحافات والبروزات والثغرات والممرات والهضاب والجبال والتلال وغير ذلك من مظاهر سطح الأرض الموجبة والسالبة. وهى فى كل حالة تعطى مستوى أفقى على منسوب معين بالنسبة لمتوسط منسوب سطح البحر الذى يضمه خط كنتور صفر أو خط الساحل.

الفصل الأول
إنشاء الخريطة الكنتورية

الميزانية الشبكية:

- الميزانية الشبكية بجهاز الميزان.
- الميزانية الشبكية بجهاز البلانشيطة (الميزانية الكنتورية).

طريقة رسم خطوط الكنتور:

أولاً : الطريقة الحسابية.

ثانياً : الطرق التخطيطية :

١ – طريقة الأعمدة العكسية.

٢ – طريقة المثلث الشفاف.

٣ – طريقة الخطوط المتوازية على مسافات متساوية.

٤ – طريقة المثلث والمسطرة

الفاصل الكنتورى (الفترة الكنتورية):

- العلاقة بين زوايا انحدار سطح الأرض والفاصل الكنتورى ومقياس الرسم.

الخطوط الكنتورية الهامة ونقط المناسيب.

خواص خطوط الكنتور.

الفصل الأول

إنشاء الخريطة الكنتورية

تنشأ الخريطة الكنتورية عن طريق لوحة المناسيب. التى يتم إعدادها عن طريق عمليات مساحية تعرف بالميزانية الشبكية التى تهدف إلى تعيين مناسيب نقط على سطح الأرض ورفعها ثم توقيعها.

الميزانية الشبكية

تهدف الميزانية الشبكية إلى تحديد مناسيب مجموعة من النقط يمكن عن طريقها رسم خرائط تبين شكل سطح الأرض بعناصره المختلفة. وتسمى هذه الخرائط بالخرائط الكنتورية . وتختلف طرق تنفيذ الميزانية الشبكية باختلاف شكل سطح الأرض ومدى تباينه ارتفاعاً وانخفاضاً من ناحية وحسب الدقة المطلوب إظهار الخريطة النهائية بها من ناحية أخرى. وهذه الطرق هى :

١ – طريقة المربعات أو المستطيلات أو المعينات.

٢ – طريقة الإشعاع.

٣ – طريقة النقط المبعثرة.

٤ – الطريقة المباشرة.

وباختلاف هذه الطرق تختلف الأجهزة المستخدمة فى تنفيذ أى منها. وعلى هذا الأساس يمكن أن نقسم الميزانية الشبكية تبعاً للجهاز المستخدم إلى :

١ – ميزانية تجرى بجهاز الميزان.

٢ – ميزانية تجرى بجهاز البلانشيطة.

الميزانية الشبكية بجهاز الميزان

يستعمل جهاز الميزان مع بعض الأدوات المساحية فى تنفيذ الميزانية الشبكية بطريقة المربعات أو المستطيلات وتعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق التى تصلح للأراضى المستوية التى لايختلف فيها منسوب سطح الأرض كثيراً (فى حدود من ١٠ إلى ١٢ متراً تقريباً). وفى الأراضى محدودة المساحة كما فى المزارع ومناطق إستصطلاح الأراضى. وتنفذ بالخطوات الآتية :

١ – يجرى عمل مضلع حول المنطقة وتحديد أركانها إذا كانت حدودها غير مرسومة على خريطة سابقة أو غير واضحة على الطبيعة.

٢ – ينتخب خطاً يكون قريباً وموازياً إلى حد ما لأطول حد من حدود المنطقة (مثل أ ب)، ويقسم إلى مسافات متساوية بين ١٠ ، ٥٠ متراً حسب طبيعة الأرض والدقة المطلوبة. يثبت فى نقط التقسيم أوتاداً خشبية تعطى لها حروف أبجدية جـ ، د ، هـ ... إلخ.

٣ – تقام أعمدة من نقط التقسيم بأى طريقة مناسبة من طرق إقامة الأعمدة حسب إتساع المنطقة، وتقسم هذه الأعمدة إلى مسافات متساوية. وهذه المسافات إما أن تتساوى مع المسافات المقسم إليها الخط أ ب أو لاتتساوى معها. وينتج فى حالة التساوى شبكة من المربعات وفى الحالة الثانية شبكة من المستطيلات. وتسمى نقط التقسيم على هذه الأعمدة بأرقام ١ ، ٢ ، ٣ ... إلخ على كل عمود. وبذلك فإن أى نقطة فى الشبكة يمكن تسميتها بحرف ورقم مثل جـ ٣، د ٤ ، و ٥ (شكل ٣).

٤ – يرسم كروكى لهذه الشبكة ويسجل عليه النقط كلها.

٥ – تجرى ميزانية طولية للخط أ ب لتعيين مناسيب الأوتاد، وذلك عن طريق ربط هذا الخط بنقطة روبير قريبة. ويتم تصحيح المناسيب بعد رصدها وحسابها ذهاباً وعودة، مرة على يمين الخط فى الذهاب، والأخرى على يساره

فى العودة. ويراعى فى هذه الميزانية أن يوضع الجهاز فى منتصف المسافة تقريباً بين المقدمة والمؤخرة.

٦ – يوضع الميزان فى مكان مناسب يمكن منه رؤية أكبر عدد من نقط أركان الشبكة، وتؤخذ قراءة مؤخرة على وتد من أوتاد الخط أ ب المحسوب منسوبه بدقة. يعين منسوب سطح الميزان وترصد القامة الموضوعة على الأركان واحداً بعد الآخر ويحسب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان. وبذلك يتم الحصول على مناسيب الأركان التى تسجل مباشرة على الكروكى وبدون عمل جدول ميزانية.

	ب	و	هـ	د	حـ	أ
٥	٦,٢	٦,٦	٥,٢	٤,٠	٣,٦	٧,٤
٤	٤,٩	٤,٧	٥,٦	٤,٦	٤,٩	٣,٨
٣	٣,٦	٣,١	٤,٣	٤,١	٥,٧	٢,٣
٢	٥,٠	٤,٦	٢,٢	٢,٦	٤,٨	٤,٦
١	٦,٤	٦,٠	٥,٣	٣,٦	٣,٤	٣,٧
	٨,١	٨,٢	٤,٧	٢,٤	٥,٣	٥,٩

٢٠,٠٠م

٢٠,٠٠م

شكل (٣)

الميزانية الشبكية بجهاز الميزان

٧ - يمكن عمل جدول ميزانية بحيث يكتب فى خانة رقم النقطة الأرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ... وفى خانة الملاحظات رقم العمود جـ ، د ، هـ ، ...

٨ - من الطبيعى أن لاتنطبق حدود الأرض على حدود شبكة المربعات أو المستطيلات ، لذا يجب حساب مناسيب سطح الأرض عند نقط تقاطع الحدود مع الأعمدة أو التى على إمتداد الأعمدة.

الميزانية الشبكية بجهاز البلانشيطة
(الميزانية الكنتورية)

يستعمل جهاز البلانشيطة عند تنفيذ هذه الميزانية بطرق الإشعاع والنقط المبعثرة والمباشرة. وتتبع أى من هذه الطرق فى المناطق التلية أو المرتفعة التى تمتد إمتداداً كبيراً. ويسبق إجراء الميزانية الشبكية بهذا الجهاز تشكيل مضلع (ترافيرس) مقفل يحيط بالمنطقة المراد إجراء الميزانية لها من الداخل أو الخارج، أو مضلع مفتوح حسب طبيعة المنطقة بواسطة البلانشيطة، أو بجهاز آخر دقيق مثل التيودوليت. ويصحح هذا الترافيرس ويضبط ويوقع على لوحة من الورق معامل تمددها ضئيل، ويتم حساب مناسيب نقط رؤوس المضلع بدقة.

يتم تحديد مواقع نقط القامة فى هذه الطرق باتجاه ومسافة. ويحدد الإتجاه بواسطة الأليداد عن طريق خط النظر الذى يصنعه منظاره، أما المسافة فتقاس عن طريق شعرات الأستاديا بالطريقة التاكيومترية.

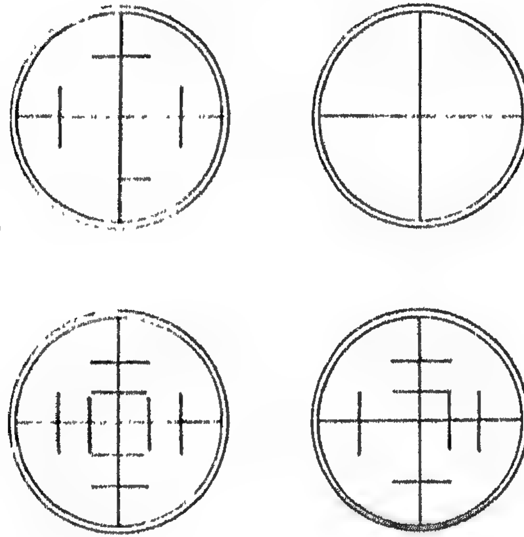
وقبل تناول طرق إجراء الميزانية الشبكية بالبلانشيطة بالشرح يجب معرفة كيفية قياس المسافات وحساب المناسيب فى الطبيعة بواسطة المناظير ذات التطبيق الداخلى وهى مناظير أجهزة الميزان واليداد البلانشيطة والتيودوليت.

١ - قياس المسافات باستخدام شعرات الأستاديا :

أ - فى حالة المنظار أفقياً أى خط النظر عمودياً على القامة :

عند النظر فى العدسة العينية للمنظار (فى الميزان أو فى الأليداد أو فى التيودوليت) نرى شعرتين متعامدتين رئيسيتين، إحداهما أفقية والأخرى رأسية،

كما توجد شعرتين أفقيتين ثانويتين توازيان الشعرة الأفقية الرئيسية (وفى بعض الأجهزة ثلاث شعرات وفى بعضها أربع). وكذلك بالنسبة للشعرات الرأسية فتوجد شعرتين رأسيتين ثانويتين توازيان الشعرة الرئيسية وأحياناً ثلاث وأحياناً أربع. وتبعد هذه الشعرات عن بعضها البعض بمسافات متساوية (شكل ٤). ويطلق على تلك الشعرات اسم شعرات الأستاديا وهى عبارة عن خيط عنكبوت مشدود فى إطار معدنى أو عبارة عن خطوط دقيقة محفورة على حامل زجاجى ذى إطار معدنى مثبت بالقرب من العدسة العينية يسمى بحامل الشعرات.



شكل (٤)

حامل الشعرات، وشعرات الأستاديا

وقد رتبت هذه الشعرات على أساس أن المسافة بين الشعرتين العليا والسفلى فى حالة الشعرات الأفقية أو اليمنى واليسرى فى حالة الشعرات الرأسية على قامة مدرجة تتناسب بنسبة ثابتة مع المسافة بين المنظار والقامة غالباً ما تكون ١ : ١٠٠ أى أن كل متر من التقاطع على القامة يقابل مسافة أفقية قدرها مائة متر تقريباً. ويسمى الرقم ١٠٠ بمعامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومترى.

معامل فترة الأستاديا (الثابت التاكيومترى):

فترة الأستاديا هى الفرق بين قراءتى شعرتى الاستاديا العليا والسفلى، وهى تختلف باختلاف بعد القامة عن المنظار، فتكون مترين إذا كانت القامة على مسافة ٢٠٠ متر من المنظار، وتكون ١,٨٦م إذا بعدت القامة مسافة ١٨٦م. وبذلك يمكن أن تعريف معامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومترى بأنه الرقم الذى إذا ضربت فيه فترة الأستاديا المقطوعة على القامة كان الناتج هو المسافة التى تبعدها القامة عن المنظار وهو فى العادة ١٠٠ كما ذكر من قبل. غير أنه رقم قريب جداً من المائة وليس مائة تماماً، فقد يكون ٩٩ أو ١٠١ مثلاً، ولكن فى العادة يعتبر ١٠٠ إذ يمكن أهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند قياس المسافات. وفى كثير من الأجهزة يحفر عليها قيمة هذا المعامل، وفى بعضها يمكن التحقق منه ومعرفته وذلك بالخطوات الآتية:

١ - يثبت الجهاز (ميزان - اليداد - تيودوليت) على أرض مستوية تقريباً وممتدة لمسافات كبيرة نسبياً ٢٠٠ متر مثلاً.

٢ - من نقطة تقع مباشرة تحت بؤرة العدسة الشيئية (٣٠سم من مركز دوران الجهاز الذى يحدده خيط الشاغول) يحدد خط طوله ٢٠٠ متراً بشريط من صلب ويعين عليه المسافات ٤٠، ٨٠، ١٢٠، ١٦٠، ٢٠٠ متراً وذلك بغرس شوكة عن نقط التقسيم.

٣ - توضع قامة رأسية عند نقط التقسيم وتقرأ فترة الأستاديا عند كل منها. فتكون كالآتى ٣٩,٤، ٧٩,٨، ١١٨,٢، ١٥٧,٦، ١٩٦,٧سم عند المسافات ٤٠، ٨٠، ١٢٠، ١٦٠، ٢٠٠ متراً على الترتيب.

٤ - لحساب معامل فترة الأستاديا (الثابت التاكيومترى) يجرى الآتى:

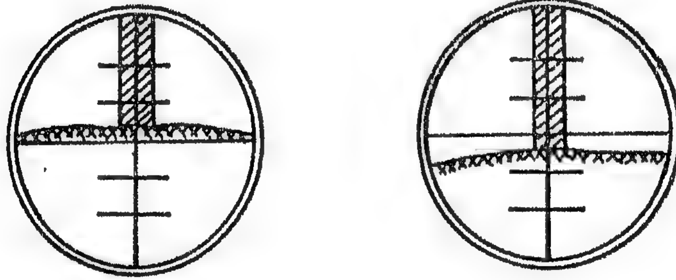
مجموع فترات الأستاديا = ٣٩,٤ + ٧٩,٨ + ١١٨,٢ + ١٥٧,٦ + ١٩٦,٧ = ٥٩١,٧سم = ٥,٩١٧م.

مجموع المسافات على الطبيعة = ٤٠ + ٨٠ + ١٢٠ + ١٦٠ + ٢٠٠ = ٦٠٠ م.

معامل فترة الأستاديا = $\frac{٦٠٠}{٥,٩١٧}$ = ١٠١,٤٠٣م = ١٠١,٤تقريباً.

وعلى ذلك إذا بعدت القامة عن الجهاز مسافة ١٠١,٤ متراً كانت فترة الأستاديا التى تقرأ على القامة هى متراً واحداً.

وتزداد فترة الأستاديا كلما زاد بعد القامة عن الجهاز حتى تتعدى الطول الكلى للقامة (٤م)، لذا يمكن استخدام نصف فترة الأستاديا أى الفرق بين الشعرتين العليا والوسطى أو بين الشعرتين الوسطى والسفلى لايجاد المسافة. وبالمثل إذا كانت المسافة بعيدة جداً فقد تستخدم ربع فترة الأستاديا متى كانت قوة عدسات الجهاز تسمح بذلك كما فى شكل (٥).



فترة الأستاديا = قراءة نصف الفترة × ٢   فترة الأستاديا = قراءة ربع الفترة × ٤

شكل (٥)

نخلص مما سبق أنه يمكننا قياس خط بين نقطتين بوضع أى جهاز مساحى مزود بمنظار به حامل شعرات ذى تطبيق داخلى عندطرف الخط ووضع قامة رأسية عند الطرف الآخر وقراءة فترة الأستاديا ثم تضرب هذه الفترة فى المعامل (وهو فى العادة ١٠٠) فينتج طول الخط. ولكن هناك شرط هام هو أن يكون المنظار أفقياً تماماً.

ولكن قد يحدث عند التسوية الأفقية لمنظار جهاز به الشعرات العليا والوسطى والسفلى فقط أن تقع الشعرة الوسطى خارج القامة بمسافة صغيرة فى حين تظل الشعرة العليا أو السفلى متقاطعة معها عند قراءة معينة. ولمعرفة قراءة الشعرة الوسطى حتى يمكن حساب المسافة يتبع الآتى :

الحالة الأولى : القراءة علىَ شعرة الأستاديا السفلى (شكل ٦).

إذا تقاطعت شعرة الأستاديا السفلى فقط مع القامة عند تسوية أفقية المنظار يمكن معرفة قراءة الشعرة الوسطى بالطريقة الآتية :

١ – يخفض المنظار إلى أسفل حتى يمكن قراءة فترة الأستاديا بين الشعرتين العليا والسفلى، ويلاحظ فى هذه الحالة أن المنظار غير أفقى.

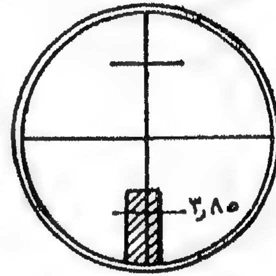
٢ – يعاد تسوية أفقية المنظار مرة أخرى وتقرأ تقاطع الشعرة السفلى مع القادمة.

٣ – قراءة الشعرة الوسطى = قراءة الشعرة السفلى + نصف فترة الأستاديا.

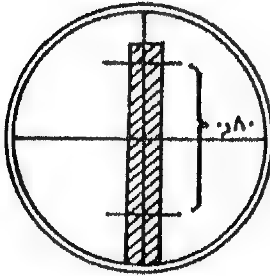
مثال : فترة الأستاديا فى حالة عدم أفقية المنظار = ٠,٨٠ م

قراءة الشعرة السفلى قرب نهاية القامة عند تسوية الأفقية = ٣,٨٥ م.

∴ قراءة الشعرة الوسطى = ٣,٨٥ + ٠,٤٠ = ٤,٢٥ م



قراءة الشعرة السفلى والمنظار أفقى = ٣,٨٥



قراءة فترة الأستاديا والمنظار مائل = ٠,٨٠

شكل (٦)

∴ المسافة الأفقية = (٤,٢٥ – ٣,٨٥) × ٢ × معامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومترى.

الحالة الثانية : القراءة على شعرة الاستاديا العليا (شكل ٧) :

إذا كانت النقطة التي تقف عليها القامة أعلى قليلاً من المستوى الأفقى للمنظار فإن الشعرة الوسطى عند تسوية أفقية المنظار لن تتقاطع مع القامة بل تتقاطع الشعرة العليا من شعرات الأستاديا. ويمكن حساب قراءة الشعر الوسطى كما يلى :

١ – يرفع المنظار إلى أعلى حتى يمكن قراءة فترة الأستاديا بين الشعرتين العليا والسفلى (المنظار مائل).

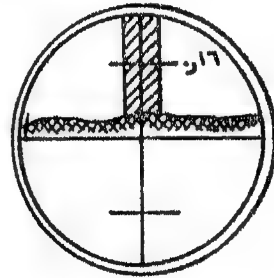
٢ – تعاد تسوية أفقية المنظار مرة أخرى وتقرأ تقاطع الشعرة العليا مع القامة.

٣ – قراءة الشعرة الوسطى = قراءة الشعرة العليا – نصف فترة الأستاديا.

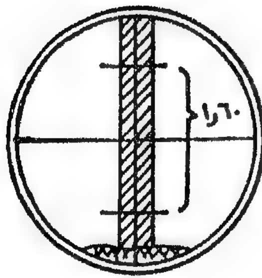
مثال : فترة الأستاديا فى حالة عدم أفقية المنظار = ١,٦٠ م

قراءة الشعرة العليا = ٠,١٦ م

قراءة الشعرة الوسطى = ٠,١٦ – ٠,٨٠ = –٠,٦٤



قراءة الشعرة العليا والمنظار أفقى = ٠,١٦



قراءة فترة الأستاديا والمنظار مائل = ١,٦٠

شكل (٧)

∴ المسافة الأفقية = (– ٠,٦٤ – ٠,١٦) × ٢ × معامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومترى.

ملحوظة :

يمكن إجراء العمليات السابقة عند إستخدام الميزان لقراءة الشعرة الوسطى إذا كان الضبط الداخلى الدقيق سيؤدى إلى عدم تقاطع هذه الشعرة مع القامة.

ب – فى حالة المنظار مائلاً أى أن خط النظر مائلاً على القامة :

يضطر فى كثير من الأحيان عند قياس مسافة ما إلى قياس زاوية رأسية لقراءة فترة الأستاديا وذلك لوقوع القامة أعلى أو أسفل المستوى الأفقى للمنظار بفارق كبير. وفى هذه الحالة تعتبر المسافات بين الجهاز والقامة والمحسوبة من حاصل ضرب فترة الأستاديا فى الثابت التاكيومترى مسافات مائلة غير صحيحة يجب تصحيحها ثم تعديلها حتى تصير أفقية، حيث أن الأبعاد التى يجب توقيعها على اللوحة المستوية ينبغى أن تكون أفقية أى مقاسة على المستوى الأفقى. وفى الواقع فإن هذه المسافات الأفقية عبارة عن قواعد مثلثات قائمة الزوايا، أوتارها هى المسافات المائلة المصححة، وأطوال أوتار تلك المثلثات قريبة جداً من أطوال قواعدها إذا كانت زوايا رؤوسها لاتزيد عن أربع درجات ولاتجرى أى تصحيحات باعتبار أن الفرق بين طول الوتر وطول القاعدة صغير يمكن إهماله. أما فى حالة الأرصاد التى تزيد زوايا رؤوس مثلثاتها عن أربع درجات فلا بد من إستخدام المعادلة الآتية:

$$ف = هـ \times ث \times جتا^{2} \hat{ل}$$

حيث :

ف = المسافة الأفقية

هـ = فترة الأستاديا

ث = الثابت التاكيومترى

ل̂ = الزاوية الرأسية

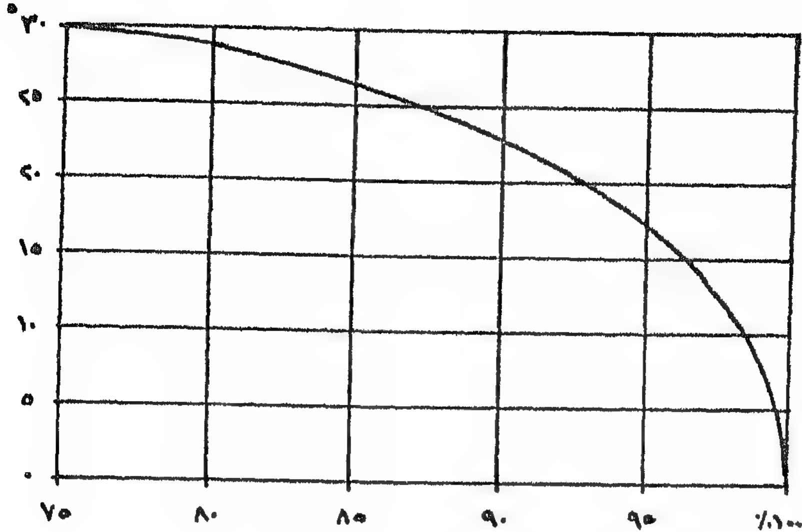
ولكن عند القيام بعدد كبير من الرصدات يكون حساب المسافات الأفقية عن طريق تلك المعادلة غير عملى خاصة وأن العمل بالبلانشيطة يعتمد على توقيع النقط أثناء عملية الرصد. لذلك يستخدم جدول تصحيح المسافات (ملحق رقم ١) وهو محسوب لكل ١٠٠ م حتى زاوية رأسية قدرها ٦٠ ٣٠° . وهذا الجدول مقسم إلى خانات رأسية هى الزوايا من صفر° إلى ٣٠° وإلى حقول أفقية هى الدقائق بفاصل قدره ٢ دقيقة، ومعامل التصحيح لـ ١٠٠م هو القيمة عند تقاطع قراءة الزاوية (رأسيا) مع قراءة الدقائق (أفقيا)، ويضرب هذا المعامل بعد قسمته على ١٠٠ فى حاصل ضرب فترة الأستاديا فى الثابت التاكيومترى. على سبيل المثال إذا كانت قراءة شعرات الأستاديا والزاوية الرأسية كالتالى :

عليا	وسطى	سفلى	الزاوية الرأسية (ل̂)
٣,٢٦	٢,٠٠	٠,٧٤	+ ٢٨ ١٠°

فإن المسافة الأفقية عن طريق جداول التصحيح = (٣,٢٦ − ٠,٧٤) × ١٠٠

$$\times \frac{٩٦,٧٠}{١٠٠} = ٢ \quad ٢ \times ١٠٠ \times ٠,٩٦٧٠ = ٢٤٣،٦٨٤ \text{ م}$$

كما يمكن إستخدام مقياس تصحيح المسافات وهو على شكل منحنى بيانى يبين العلاقة بين معامل تصحيح المسافة والزاوية الرأسية (شكل ٨).



معامل تصحيح المسافة المائلة إلى أفقية

شكل (٨)

٢ – حساب المنسوب باستخدام شعرات الأستاديا :

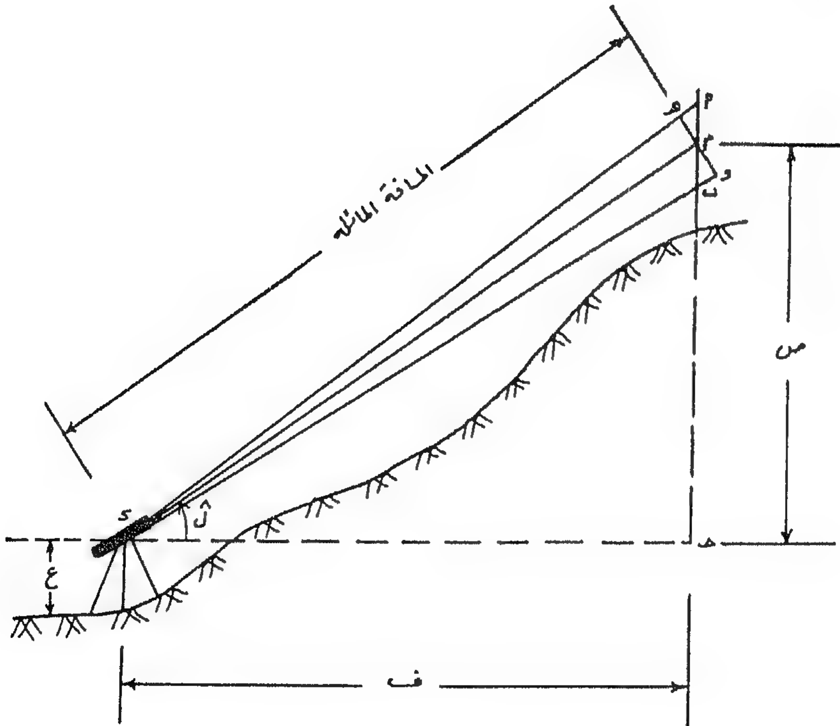
أ – فى حالة المنظار أفقياً أى خط النظر عمودياً على القامة :

يصنع خط النظر المار بالشعرة الأفقية الوسطى مستوً أفقياً موازياً لمستوى المقارنة يعرف بمستوى سطح الجهاز . ويمكن معرفة منسوب هذا المستوى عن طريق جمع منسوب المحطة التى يقف فوقها الجهاز على إرتفاع المحور الأفقى للمنظار والذى يرمز له بالرمز (ع) . وينخفض منسوب النقطة التى تقف عليها القامة عن مستوى سطح الجهاز بمقدار قراءة الشعرة الوسطى على القامة، وبالتالى يتم الحصول على منسوب النقطة التى تقف عليها القامة بالمعادلة التالية:

منسوب النقطة = منسوب المحطة التى يقف فوقها الجهاز + إرتفاع الجهاز (ع) – قراءة الشعرة الوسطى.

ب – فى حالة المنظار مائلاً أى خط النظر مائلاً على القامة:

تستخدم طريقة شعرات الأستاديا فى قياس فرق المنسوب بين المحطة التى يقف فوقها الجهاز وأى نقطة مرصودة تقف عليها القامة. وتعتمد الطريقة أساساً على أن تكون القامة فى وضع متعامد على خط النظر المار بالشعرة الأفقية الوسطى وإستخدام فترة الأستاديا فى حساب فرق المنسوب. ولكن عملياً لايمكن وضع القامة متعامدة على خط النظر بل تكون رأسية وبالتالى مائلة على خط النظر. وبذلك ينتج خطأ فى حساب المسافات الأفقية وفروق المناسيب، ويزداد هذا الخطأ بزيادة الزاوية الرأسية التى يصنعها المنظار مع المستوى الأفقى. ويبين (شكل ٩) القواعد الخاصة بالأستاديا.



شكل (٩)

أ ب = فترة الأستاديا والقامة رأسية أى مائلة على خط النظر (د م) المار بالشعرة الأفقية الوسطى، والتى يمكن تحديدها من قراءة الشعرتين العليا والسفلى على القامة مباشرة.

هـ و = فترة الأستاديا والقامة متعامدة على خط النظر المار بالشعرة الأفقية الوسطى ولايمكن تحديدها مباشرة.

$\hat{ل}$ = الزاوية الرأسية التى يصنعها منظار الجهاز مع المستوى الأفقى وهى جـ $\hat{د}$ م وتساوى الزاوية أ $\hat{م}$ هـ وتساوى الزاوية ب $\hat{م}$ و وهما الزاويان المحصورتان بين القامة فى وضعها الرأسى والقامة فى وضعها العمودى الإفتراضى.

د جـ = المسافة الأفقية بين المحطة التى يقف فوقها الجهاز والنقطة التى تقف فوقها القامة.

م جـ = فرق المنسوب بين مستوى سطح الجهاز وقراءة الشعرة الأفقية الوسطى على القامة.

هـ و = أ ب جتا $\hat{ل}$ = هـ م + م و حيث

هـ م = أ م × جتا $\hat{ل}$

، م و = م ب × جتا $\hat{ل}$ وبالجمع

هـ و = أ ب × جتا $\hat{ل}$

د م (المسافة المائلة) = هـ و × الثابت التاكيومترى

= أ ب × جتا $\hat{ل}$ × الثابت التاكيومترى

د جـ (المسافة الأفقية) = د م × جتا $\hat{ل}$

= أ ب × جتا $\hat{ل}$ × الثابت التاكيومترى × جتا $\hat{ل}$

= أ ب (فترة الأستاديا) × الثابت التاكيومترى × جتا ل̂ × جتا ل̂

= فترة الأستاديا × الثابت التاكيومترى × جتا٢ ل̂

= هـ × ث × جتا٢ ل̂

م جـ = د م × جا ل̂

= أ ب × الثابت التاكيومترى × جتا ل̂ × جا ل̂

= هـ × ث × جتا ل̂ × جا ل̂

ولكن جتا ل̂ × جا ل̂ = ١/٢ جا ٢ ل̂

= هـ × ث × ١/٢ جا ٢ ل̂

ويمكن الحصول على م جـ عن طريق المسافة الأفقية د جـ

م جـ = د جـ × ظا ل̂

ويطلق على م جـ (فرق المنسوب) أو الرمز (ص) ، د جـ (المسافة الأفقية) أو الرمز (ف)

∴ ص = ف × ظا ل̂

أو ص = هـ × ث × جتا ل̂ × جا ل̂

أو ص = هـ × ث × ١/٢ جا ٢ ل̂

يلاحظ بالنسبة لفرق المنسوب (ص) أن هذا الفرق هو بالنسبة للمحور الأفقى للمنظار وليس النقطة التى يقف فوقها الجهاز مباشرة على سطح الأرض، أى أن فرق المنسوب (ص) يمثل فرق المنسوب بين المحور الأفقى للجهاز ونقطة تقاطع الشعرة الأفقية الوسطى مع القامة. ولذلك عند حساب المنسوب النهائى للنقطة التى تقف عليها القامة يجب أن يوضع فى الإعتبار هاتين الملحوظتين. ومعادلة حساب منسوب النقطة هى :

منسوب النقطة = منسوب المحطة التى يقف فوقها الجهاز + إرتفاع الجهاز (ع) ± ص − قراءة الشعرة الوسطى.

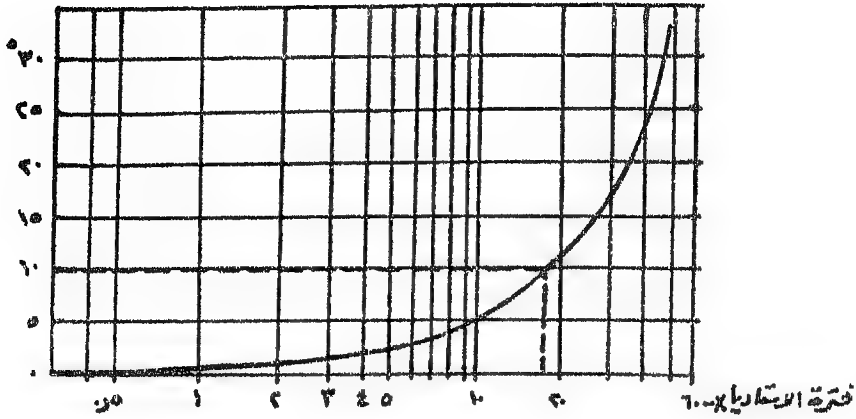
وتختلف الإشارة الجبرية لفرق المنسوب (ص) حسب الزاوية الرأسية للمنظار فتكون موجبة (+) إذا كانت زاوية إرتفاع أى المنظار مائلاً إلى أعلى، وسالبه (−) إذا كانت زاوية إنخفاض أى المنظار مائل إلى أسفل.

وهناك جداول تبين فرق المنسوب وهو محسوب لكل ١٠٠ م حتى زاوية رأسية قدرها ٦٠َ ٣٩° (ملحق رقم ٢). وهذا الجدول مقسم أيضاً إلى خانات رأسية من صفر° إلى ٣٩° وإلى حقول أفقية هى الدقائق بفاصل قدره ٢ دقيقة. وقيمة (ص) المقابلة لـ ١٠٠ م هى القيمة عند تقاطع قراءة الزاوية (رأسياً) مع قراءة الدقائق (أفقياً)، ويضرب هذا المعامل بعد قسمته على ١٠٠ فى حاصل ضرب فترة الأستاديا في الثابت التاكيومترى. ففى المثال السابق (صفحة ٣٧) تكون:

ص = (٣;٢٦ − ٠,٧٤) × ١٠٠ × $\frac{١٧,٨٦}{١٠٠}$ = ٢,٥٢ × ١٠٠ ×
٠,١٧٨٦ = ٤٥,٠٠١م

ولأن الزاوية الرأسية زاوية إرتفاع وإشارتها موجبة (+) فإن قيمة ص تأخذ نفس الإشارة (ص = + ٤٥,٠٠١ م).

وقد جرى تفريغ هذه الجداول فى شكل منحنى بيانى نصف لوغاريتيمى (شكل ١٠) يبين العلاقة بين الزوايا الرأسية (على المحور الرأسى الحسابى) وقيمة (ص) لكل ١٠٠م (على المحور الأفقى اللوغاريتمى)، ومنه يمكن تعيين قيمة (ص) لأى زاوية رأسية مقابلة لمسافة ١٠٠م ، وبضرب هذه القيمة فى فترة الأستاديا المقرؤة على القامة ينتج قيمة (ص) المطلوبة . فإذا كانت الزاوية الرأسية ١٠° مثلاً فإن فرق المنسوب المقابل لها على المنحنى هو ١٧,٤م ، وإذا كانت فترة الأستاديا ١,٦م فإن (ص) المطلوبة = ١,٦ × ١٧,٤ = ٢٧,٨٤م. ويلاحظ أن المنحنى يتجه موازياً للمحور الرأسى (محور الزوايا الرأسية) للزوايا التى تزيد عن ٤٠° .



الفرق فى المنسوب بين قراءة الشعرة الوسطى
ومنسوب سطح الجهاز (بالمتر)
شكل (١٠)

طريقة أخرى لحساب فرق المنسوب :

تعرف هذه الطريقة باسم طريقة التدريج، وهى تعتبر من أسرع وأدق الطرق فى حساب فرق المنسوب فى الأراضى محدودة التضرس والرصدات خفيفة الميل أى أن قيمة الزاوية الرأسية محدودة نسبياً. وتعتمد هذه الطريقة على قياس عدد فترات الأستاديا التى من خلالها يرفع أو يخفض المنظار لتقرأ الشعرة الوسطى إرتفاع معين على القامة. ولإيجاد فرق المنسوب بين نقطة القامة وسطح المنظار بهذه الطريقة يتبع الآتى :

١ – تقرأ فترة الأستاديا على القامة والمنظار فى وضع مائل، ثم يسوى المنظار أفقياً تماماً. وبالرصد خلال المنظار يلاحظ أن الشعرات لاتتقاطع مع القامة بل تتلاقى مع بعض تضاريس المنطقة.

٢ – يلاحظ تقاطع الشعرة العليا مع أى نقطة مميزة على سطح الأرض ولتكن قطعة حجر مثلاً.

٣ – باستخدام مسمار الحركة البطيئة للمنظار يحرك المنظار إلى أعلى حتى تتاطقع الشعرة السفلى مع نفس النقطة المميزة السابق الرصد عليه فى البند ٢ فيكون المنظار قد تحرك مقدار استاديا كاملة إلى أعلى. ثم يلاحظ تقاطع الشعرة العليا مع هدف آخر.

٤ – يحرك المنظار بمسمار الحركة البطيئة حتى تتلاقى الشعرة السفلى مع الهدف الآخر فى البند ٣ فيكون قد تحرك فترة استاديا كاملة أخرى إلى أعلى. ويكرر العمل عدد من المرات حتى تتقاطع الشعرة الوسطى مع القامة وتؤخذ قراءة القامة عليها.

٥ – فرق المنسوب = فترة الاستاديا × عدد المرات – قراءة الشعر الوسطى (شكل ١١).

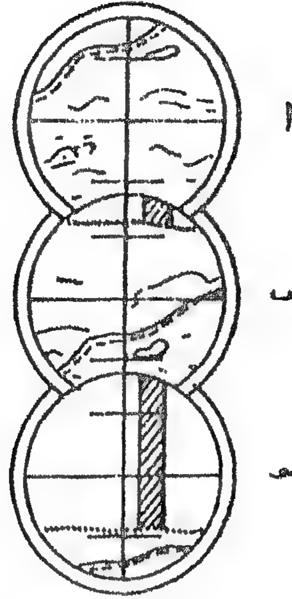
مثال: فترة الاستاديا = ١,٦٥ م.

عدد المرات = ٤,٠٠.

قراءة الشعرة الوسطى = ٠,٦٠م.

∴ فرق المنسوب بين نقطة القامة وسطح المنظار = ١,٦٥ × ٤,٠٠ – ٠,٦٠ = ٦,٠٠ م

٦ – لايشترط عند إستخدام طريقة التدريج أن يكون الهدف الذى يستخدم فى إيجاد عدد فترات الأستاديا قريباً من نقطة القامة طالما يكون فى حدود الرؤية والتطبيق الدقيق. ولكن عندما تكون خطوط النظر قصيرة يراعى أن يكون الهدف المستخدم قريباً قدر الإمكان من نقطة القامة، ذلك لأن خطأ التطبيق فى خطوط النظر القصيرة يكون أقل مدى منه فى خطوط النظر الطويلة.



شكل (١١)

إستخدام نصف فترة الأستاديا فى طريقة التدريج :

عند إستخدام طريقة التدريج فى إيجاد فرق المنسوب فى المسافات الطويلة قد يكون الطول الكلى للقامة أقل من فترة الأستاديا، لذلك عند تحريك فترة الأستاديا الأخيرة قد تتعدى الشعرات القامة، لذا يجب تحريك الفترة الأخيرة نصف فترة أستاديا بدلاً من فترة كاملة، وبذلك تقع شعرات الأستاديا على القامة ونقرأ شعرة الأستاديا الدالة على ربع الفترة. وتستنتج قراءة الشعرة الوسطى بمعلومية فترة الأستاديا كما فى المثال التالى :

طول القمة = ٤ م.

فترة الأستاديا = ٩,٨٤ (بقراءة ربع فترة الأستاديا ثم ضربها × ٤).

عدد فترات الأستاديا التى تحركها المنظار من الوضع الأفقى = ٤,٥ مرة.

قراءة شعرة الأستاديا للربع العلوى = ١,٥٢ م.

∴ قراءة الشعرة الوسطى = ٩,٨٤ ÷ ٤ − ١,٥٢ = ١,٣٩ م

∴ فرق المنسوب = ٩,٨٤ × ٤,٥ + ١,٣٩ = ٤٥,٦٧ م

العمل بالبلانشيطة لتنفيذ الميزانية الشبكية (الميزانية الكنتورية) :

ذكر من قبل أن جهاز البلانشيطة يستعمل عند تنفيذ الميزانية بطرق الإشعاع والنقط المبعثرة، والطريقة المباشرة.

أولاً : طريقة الإشعاع :

بعد تشكيل المضلع حول أو خلال المنطقة المراد إجراء ميزانية شبكية لها وضبطه، وتوقيعه يجرى الآتى :

١ – توضع البلانشيطة فوق إحدى نقط المضلع مثل (أ) (شكل ١٢) وتضبط أفقيتها، وترفع النقطة (أ) من الطبيعة إلى (أ١) على لوحة البلانشيطة بواسطة شوكة الإسقاط.

٢ – توجه الأليداد إلى النقطة التالية لنقطة أ (ب مثلاً) وترصد النقطة (ب ويرسم الشعاع أ ب) وتوقع عليه النقطة (ب١) ، كذلك ترصد النقطة السابقة لنقطة (أ) فى الترافيرس (و مثلاً)، ويرسم الشعاع (أ و) ويوقع عليه النقطة (و١). ويحسن توجيه أشعة إلى أكثر من نقطة، من نقط المضلع كلما أمكن ذلك.

٣ – يختار إتجاه ثابت وليكن الإتجاه (أ ب) أو (أ و) ، ويعين منه إتجاه خطوط شعاعية صادرة من النقطة أ تتقارب أو تتباعد أى تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض.

٤ – توضع حافة الأليداد منطبقة على الشعاع الأول، وترصد مناسيب سطح

الأرض عند نقط تغير الإنحدار على طول إتجاه هذا الشعاع. والأرصاد اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الأرض تحتها هي : قراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى، والزاوية الرأسية سواء كانت زاوية إرتفاع أو إنخفاض، وإرتفاع المحور الأفقي للمنظار عن سطح الأرض التي يقف عليها الجهاز.

٥ - يحدد موقع القامة المرصودة بحساب المسافة الأفقية بينها وبين موقع الجهاز، وذلك كالآتي :

أ - إذا كان منظار الأليداد أفقياً تماماً فإن المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري لجهاز الأليداد وهو في العادة = ١٠٠.

ب - إذا صنع المنظار زاوية رأسية فإن المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري (١٠٠) × جتا^{٢} الزاوية الرأسية.

٦ - يحدد منسوب القامة المرصودة كالآتي :

أ - إذا كان المنظار أفقياً تماماً، فيحسب المنسوب كما يحسب في الميزانية العادية وذلك بقراءة الشعرة الوسطى على القامة، المنسوب = منسوب المحطة أ + إرتفاع الجهاز - قراءة الشعرة الوسطى.

ب - إذا كان المنظار مائلاً بزاوية رأسية فيحسب فرق المنسوب أولاً (يرمز له عادة بالرمز ص)، ص = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري × جا الزاوية الرأسية × جتا الزاوية الرأسية (جا الزاوية الرأسية × جتا الزاوية الرأسية = $\frac{١}{٢}$ جا ٢ الزاوية الرأسية) ويمكن صياغة المعادلة كالآتي :

ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى × $\frac{١}{٢}$ جا ٢ الزاوية الرأسية.

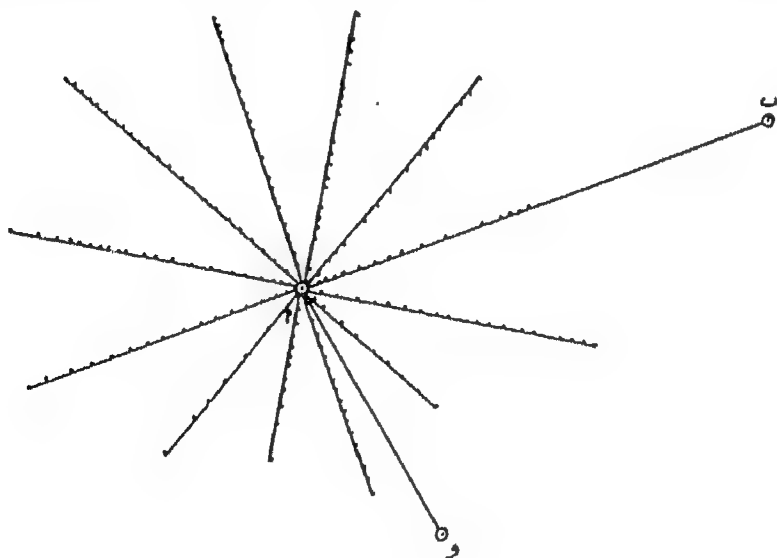
ويحسب المنسوب بعد ذلك كالآتى :

المنسوب فى حالة زاوية الإرتفاع = منسوب المحطة أ + إرتفاع الجهاز + ص − قراءة الشعرة الوسطى

المنسوب فى حالة زاوية الإنخفاض = منسوب المحطة أ + إرتفاع الجهاز − ص − قراءة الشعر الوسطى

٧ − جدول تسجيل الأرصاد كالآتى :

النقطة	قراءة الشعرات			الفرق بين العليا والسفلى	الزاوية الرأسية	المسافة الأفقية	فرق المنسوب (ص)	المنسوب	ملاحظات
	العليا	الوسطى	السفلى						



شكل (١٢)

الميزانية الكنتورية بطريقة الإشعاع

٨ - يكرر العمل بنفس الطريقة على باقى الأشعة شعاع بعد شعاع حتى الإنتهاء من العمل فوق النقطة أ ثم ينقل الجهاز لباقى نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة. ترفع النقطة من الطبيعة إلى اللوحة، وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة واللاحقة، ثم تعين إتجاه الخطوط، وترصد مواقع ومناسيب نقط تغير إنحدار سطح الأرض على طول كل شعاع وتوقع هذه النقط ويسجل بجانبها مناسيبها.

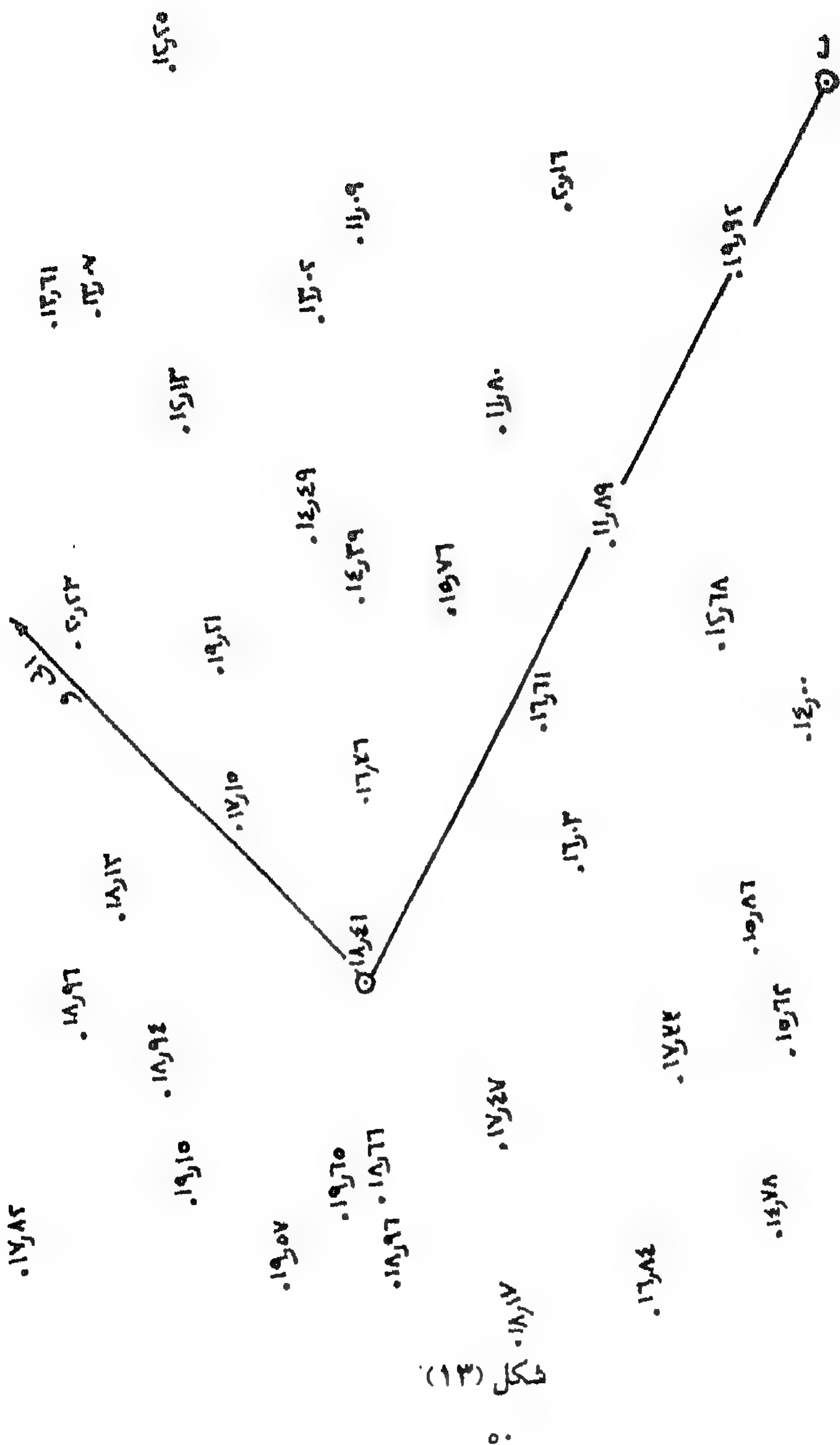
٩ - تجمع لوحات النقط بمساعدة الترافيرس المصحح والسابق توقيعه على اللوحة.

ثانياً : طريقة النقط المبعثرة :

تستعمل هذه الطريقة في جميع الأحوال ويتم العمل بها بنفس طريقة الإشعاع من تشكيل مضلع المنطقة بحيث يمكن رؤية المنطقة من نقطة ورفعه وتصحيحه وتوقيعه. تحتل البلانشيطة إحدى النقط وترصد النقطتان المجاورتان لها. توجه الأليداد إلى النقط التى يتغير فيها درجة الإنحدار دون التقيد بإتجاه معين ثابت، وتوقع النقط بقياس المسافات إليها تاكيومترياً، وتعين مناسيبها بنفس الطريقة السابقة. وبعد رصد وتوقيع جميع النقطة المحيطة بهذه النقطة من نقط المضلع، تنقل البلانشيطة إلى النقطة التالية وهكذا (شكل ١٣) ثم تضم اللوحات إلى بعضها بمساعدة الترافيرس السابق توقيعه فينتج لوحة المناسيب الكلية للمنطقة المراد رفع مناسيبها

ثالثاً : الطريقة المباشرة:

تعتمد الطريقة المباشرة لرسم خطوط الكنتور على تحديد عدد من النقط فى الطبيعة لها نفس المنسوب ثم ترفع هذه النقط على الخريطة. وتعطى هذه الطريقة دقة متناهية لكنها تحتاج إلى وقت وجهد وعامل ماهر متمرن. وتستخدم عند إنشاء الخرائط ذات الفاصل الكنتورى الصغير (تتراوح بين ١ ، ٢ م).



شكل (١٣)

ويبين (شكل ١٤) منطقة مطلوب عمل خريطة كنتورية لها بفارق رأسى قدره ١م. فبمعلومية منسوب نقطتى الترافيرس (س ، ص مثلاً) تعين مواقع خطوط الكنتور فى الطبيعة ثم ترفع على الخريطة وذلك باتباع الخطوات التالية:

١ - تختار نقطة متوسطة بالمنطقة ولتكن هـ يمكن منها رؤية كل من نقطتى س ، ص وتحتل بميزان أو بالأليدادة مزودة باليداد تلسكوبى أفقى يقوم بعمل الميزان.

٢ - يحسب المنسوب المتوسط لسطح الميزان أو الأليداد بالرصد على قامة رأسية عند النقطتين س ، ص على التوالى :

منسوب النقطة (س) = ١٣٦,١٥م.

قراءة القامة عند (س) = ١,٢٠ م.

∴ منسوب سطح الميزان عند (هـ) = ١٣٦,١٥ + ١,٢٠ = ١٣٧,٣٥م

منسوب النقطة (ص) = ١٣٤,٨٠م

قراءة القامة عند (ص) = ١,٦٠ م

∴ منسوب سطح الميزان عند هـ = ١٣٤,٨٠ + ١,٦٠ = ١٣٦,٤٠

∴ متوسط منسوب سطح الميزان عند هـ = (١٣٦,٤٠ + ١٣٧,٣٥) / ٢ = ١٣٦,٨٣م

٣ - لتحديد خط كنتور ١٣٥ م مثلاً يجب أن تكون القراءة على القامة = ١٣٦,٨٣ - ١٣٥,٠٠ = ١,٨٣ م

تحدد أول نقطة فى الحقل تعطى هذه القراءة على القامة برصد عدة نقط حتى الوصول إلى النقطة (أ١) مثلاً التى تعطى القراءة ١,٨٣ م على القامة فتكون هذه النقطة إحدى نقط خط كنتور ١٣٥.

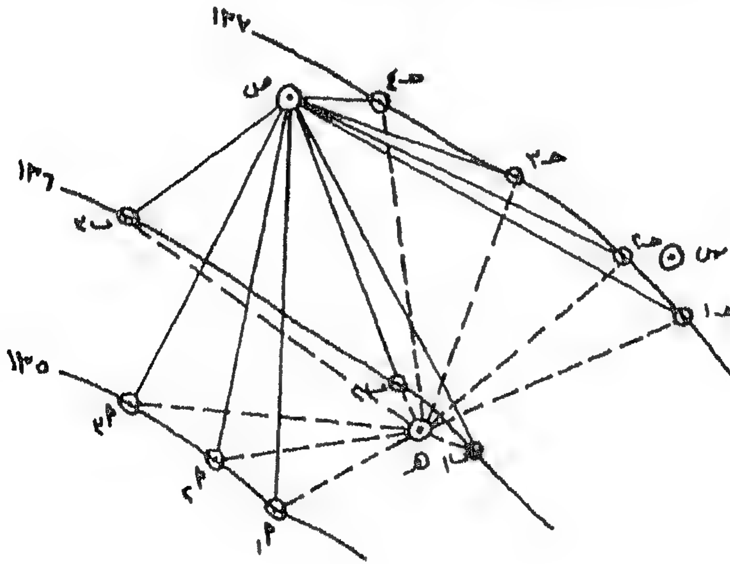
٤ - تنقل القامة على المسار التقريبى المقدر لخط الكنتور (وهذه تحتاج إلى عامل

أو مساعد ذى خبرة) ويتكرر تعيين النقط أ٢ ، أ٣ ، أ٤ ، ... أن وعند كل نقطة يتم تحديدها يدق وتد لتعيين موقعها على سطح الأرض.

٥ – يكرر نفس العمل لتعيين نقط خط كنتور ١٣٦ م مثلاً بتعيين قراءة القامة التى تعطى هذا المنسوب والتى تساوى ١٣٦,٨٣ – ١٣٦,٠٠ = ٠,٨٣ م.

٦ – بعد تحديد نقط خطوط الكنتور المختلفة فى الطبيعة ترفع هذه النقط باستخدام البلانشيطة وذلك باحتلال إحدى نقطتى الترافيرس ولتكن (ص) مثلاً وتوجه البلانشيطة توجيهاً أساسياً وتسوى أفقيتها وترسم أشعة من ص إلى نقط خطوط الكنتور المختلفة. وتعين هذه النقط بمعلومية مسافاتها الأفقية بالطرق السابق شرحها.

٧ – يوصل بين نقط كل خط كنتور بخط منحنى فيتم الحصول على خطوط الكنتور موقعة على الخريطة بالمقياس المطلوب رسمها به.



شكل (١٤)

الميزانية الكنتورية بالطريقة المباشرة

طريقة رسم خطوط الكنتور

تعتبر لوحة المناسيب المرحلة الأولى لإنشاء خطوط الكنتور، إذ يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بخط منحنى هو خط الكنتور، ويسجل عليه منسوب تلك النقط التى يربط بينها. وعادة لانجد على لوحة المناسيب نقط يتفق منسوبها مع خط الكنتور المطلوب إنشاؤه، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها من حيث الكثرة أو القلة تبعاً لطبيعة سطح الأرض من ناحية وتبعاً لإمكانيات المساح وأجهزته وأدواته من ناحية أخرى، بينما ترسم خطوط الكنتور تبعاً للغرض من إنشاء الخريطة. وعند رسم خط كنتور لايتفق منسوبه مع نقط المناسيب الموقعة على لوحة المناسيب أو أن نقط المناسيب المتفقة معه غير كافية لإنشائه، فإنه يجب إيجاد النقط المطلوبة حتى يمكن رسمه بدقة مقبولة. وتختلف طرق حساب وتوقيع تلك النقط المطلوبة فبعضها حسابية وبعضها تخطيطية. وتقوم تلك الطرق على قاعدة هامة هى إعتبار سطح الأرض منتظم الإنحدار بين كل نقطتين منسوب متجاورتين حتى يمكن تحديد وتوقيع نقط المنسوب المطلوبة بينهما، أى أن القطاع بينهما على شكل خط مستقيم.

أولاً : الطريقة الحسابية:

هذه الطريقة وإن كانت طويلة ومملة إلا أنها تعطى نتائج دقيقة وتناسب المناطق التى لايزيد فيها التضرس النسبى أو المحلى عن ١٠ – ١٢ متراً. كما تناسب إنشاء الخرائط الكنتورية المطلوبة لإجراء حسابات تسوية سطح الأرض لاستصلاحها وإستزراعها أو تسويتها لغرض إنشاء مبانى عليها أو لإنشاء الطرق، أى أن الهدف من الخريطة هدفاً اقتصادياً. وأساس تلك الطريقة هو التقسيم التناسبى بالحساب.

ولتوضيح ذلك يراد تحديد نقط المناسيب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ متراً فى المربع الأيمن العلوى من لوحة المناسيب (شكل ٣) حيث

طول ضلع الشبكة على اللوحة ٢ سم. فبالنسبة للضلع المحصور بين نقطتى المنسوب ٣,٨ م ، ٧,٤ م يتم حساب فرق المنسوب بينهما (٧,٤ – ٣,٨ = ٣,٦م)، ثم حساب فرق المنسوب بين منسوب أحد الركنين (عادة المنسوب الأقل) ومنسوب النقطة المطلوبة لرسم خط كنتور ٤م (٤,٠ – ٣,٨ = ٠,٢م) ثم يحدد موقع نقطة المنسوب المطلوبة على النحو التالى :

٣,٦ م   فرق منسوب يقابله مسافة أفقية قدرها ٢ سم.

٠,٢ م   فرق منسوب يقابله مسافة أفقية قدرها س .

$$س = \frac{٠,٢ \times ٢}{٣,٦} = ٠,١١ \text{ سم}$$

أى أن نقطة منسوب ٤م تقع على مسافة ٠,١ سم من نقطة المنسوب ٣,٨م.

وبنفس الطريقة يتم تحديد موقع نقطة المنسوب ٥,٠ م.

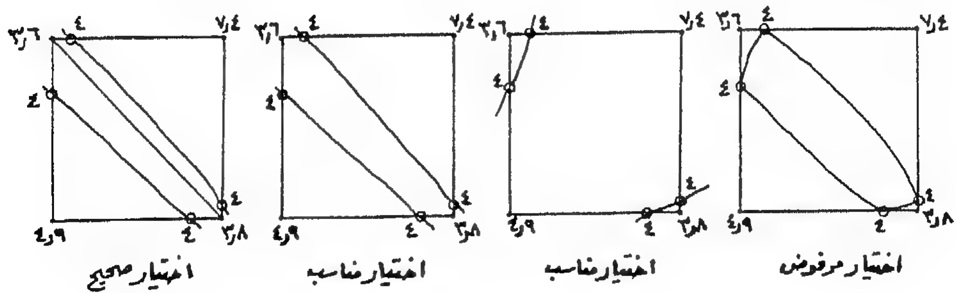
$$س = \frac{١,٢ \times ٢}{٣,٦} = ٠,٧ \text{ سم}$$

أى أن نقطة منسوب ٥ م تقع على مسافة ٠,٧ سم من نقطة المنسوب ٣,٨ م.

وكذلك نقطة منسوب ٦ م = $\frac{٢,٢ \times ٢}{٣,٦}$ = ١,٢ سم ، ونقطة منسوب ٧م = $\frac{٣,٢ \times ٢}{٣,٦}$ = ١,٨ سم.

وتوقع تلك المسافات بدقة على ضلع المربع بواسطة المسطرة، ويكتب بالقلم الرصاص الخفيف المنسوب بجوار كل نقطة. وكذلك الحال بالنسبة لضلع المربع المحصور بين نقطتى المنسوب ٣,٦ ، ٧,٤ فتكون مواقع نقط المناسيب المطلوبة ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ متراً على مسافات ٠,٢ ، ٠,٧٥ ، ١,٣ ، ١,٨ سنتيمتراً على الترتيب من نقطة المنسوب ٣,٦. أما بالنسبة للضلع المحصور بين نقطتى منسوب ٣,٦ ، ٤,٩ متراً فإن موقع نقطة المنسوب ٤م تكون على مسافة ٠,٦ سم من نقطة المنسوب ٣,٦ م. وأيضاً بالنسبة لموقع نقطة المنسوب ٤م المطلوبة على الضلع الرابع تكون على مسافة ٠,٣٥ سم من نقطة المنسوب ٣,٨ م.

وبذلك تحددت مواقع نقط المناسيب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤، ٥، ٦، ٧ متراً، ثم يتم بعد ذلك توصيل كل نقطتين متساويتين بخط هو جزء من خط الكنتور المطلوب. وقد يصادف وجود أربع نقاط منسوب ذات قيمة واحدة، فهل يتم توصيلها بخط على شكل حلقة مقفلة هو خط كنتور ٤م ؟ كقاعدة عامة يجب أن لايمس خط الكنتور المطلوب أى ضلع من أضلاع الشبكة، بل يجب أن يقطعه أى يمر بالنقطة المحددة قاطعاً ضلع الشبكة. ويترتب على ذلك تساؤل آخر هو : هل يتم توصيل نقطتى المنسوب ٤م على الضلعين الأيمن والأسفل، ثم بين النقطتين على الضلعين الأيسر والأعلى؟ أم التوصيل بين النقطتين على الضلعين الأيمن والأعلى ثم بين النقطتين على الضلعين الأيسر والأسفل ؟ وللتغلب على تلك المشكلة رأيان : الأول إستنتاج منسوب نقطة تقاطع قطرى المربع حسابياً وإعتبارها نقطة منسوب يتم تحديد نقط المنسوب المطلوبة بينها وبين الأركان الأربعة، والثانى أن يتم رسم أحد القطرين وهو القطر الذى فرق المنسوب بين طرفيه أقل ، على أساس أن إحتمال إنتظام إنحدار سطح الأرض عليه أكبر من إحتمال إنتظام إنحدار سطح الأرض على القطر الآخر، طالما أن تحديد نقط المناسيب المطلوبة لرسم خط الكنتور يقوم على قاعدة إعتبار سطح الأرض بين كل ركنين من أركان المربع منتظم الإنحدار. وسواء كان أحد الرأيين مرجحاً عن الآخر، فإن هذه العملية تحدد مسار خط الكنتور داخل فراغ المربع بدقة (شكل ١٥).



حيث :
(٣٫٨-٣٫٦)<(٧٫٤-٤٫٩)

شكل (١٥)

طريقة حسابية أخرى : تحدد مواقع نقط المنسوب المطلوبة لرسم خطوط كنتور ٤، ٥، ٦، ٧ متراً في المثال السابق بين نقطتي منسوب ٣,٨ م ، ٧,٤ م على النحو التالي :

فرق المنسوب بين النقطتين = ٧,٤ − ٣,٨ = ٣,٦ م

$$\text{نسبة الإنحدار بين النقطتين فى الطبيعة} = \frac{\text{فرق المنسوب بالمتر}}{\text{المسافة الأفقية بالمتر}} = \frac{٣,٦}{٢٠} = ٠,١٨\text{م}$$

أى أن سطح الأرض ينحدر بمقدار ٠,١٨م فى مقابل كل متر أفقى، أو بمعنى آخر أن كل متر أفقى يقابله ٠,١٨م فرق منسوب. ولتحديد نقطة المنسوب المطلوبة ٤م ، يحدد فرق المنسوب بينها وبين نقطة المنسوب ٣,٨م (= ٠,٢م).

١ م مسافة أفقية يقابله ٠,١٨ م فرق منسوب

س مسافة أفقية يقابله ٠,٢م فرق منسوب

$$\therefore \text{س} = \frac{١ \times ٠,٢}{٠,١٨} = ١,١\text{م}$$

وتوقع تلك المسافة الأفقية على لوحة المناسيب حسب مقياس رسمها (١ :١٠٠٠) لتعيين نقطة منسوب ٤م (= ٠,١سم). وكذلك لتحديد نقطة المنسوب ٥م:

١ م مسافة أفقية يقابله ٠,١٨ م فرق منسوب

س مسافة أفقية يقابله ١,٢ م فرق منسوب

$$\therefore \text{س} = \frac{١ \times ١,٢}{٠,١٨} = ٦,٦٧\text{ م}$$

وتوقع تلك المسافة على لوحة المناسيب لتعيين نقطة المنسوب ٥م ، وكذلك توقع المسافة ١٢,٢ م لتعيين نقطة المنسوب ٦ م والمسافة ١٧,٨م لتعيين نقطة المنسوب ٧م ، وهكذا على بقية أضلاع الشبكة.

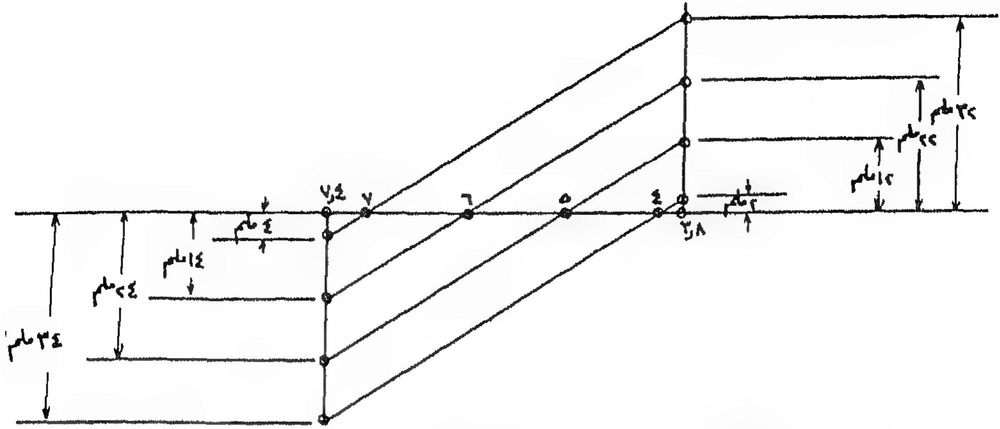
ثانياً : الطرق التخطيطية :

١ - طريقة الأعمدة العكسية : يمكن تحديد نقط المنسوب المطلوبة لرسم خطوط كنتور ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ فى المثال السابق على الضلع المحصور بين نقطتى منسوب ٣,٨ ، ٧,٤ على لوحة المناسيب مباشرة وذلك على النحو التالى :

أ - لتحديد نقطة المنسوب ٤ م ، يتم حساب فرق المنسوب بينها وبين النقطة ٣,٨ م (= ٢,٠م)، وبينها وبين النقطة ٧,٤ م (= ٣,٤ م).

ب - يرسم بالقلم الرصاص الخفيف عند نقطة المنسوب ٣,٨ م عمود على الضلع طوله ٢,٠ م بأى مقياس رسم مناسب وليكن طوله ٢ ملليمتر ، أى أن كل ١,٠م فرق منسوب = ١ ملليمتر ، ويرسم عمود آخر عند نقطة المنسوب ٧,٤ م طوله ٣,٤م بنفس مقياس الرسم المختار لرسم العمود السابق أى طوله ٣,٤ ملليمتر ولكن فى الجهة العكسية، ثم نصل بين طرفى العمودين بخط يتقاطع مع الضلع فى نقطة هى موقع نقطة منسوب ٤ م المطلوبة.

جـ - لتحديد موقع نقطة منسوب ٥ م (فرق المنسوب بينها وبين النقطة ٣,٨م = ١,٢ م وبينها وبين نقطة المنسوب ٧,٤ م = ٢,٤م) ، يرسم عمودان فى إتجاهين عكسيين عند طرفى الضلع بنفس مقياس الرسم المختار سابقاً أحدهما طوله ١٢ ملليمتر عند نقطة ٣,٨م والآخر طوله ٢٤ ملليمتر عند نقطة ٧,٤ م وبتوصيل طرفى العمودين بخط يتقاطع مع الضلع يتحدد موقع نقطة المنسوب ٥م. وبنفس الطريقة يتم تحديد نقطتين المنسوب ٦ ، ٧ م (شكل ١٦). وهكذا على بقية أضلاع الشبكة.



– مقياس الرسم المختار للأعمدة ١ ملم لكل ٠,١م فرق منسوب

– تم المبالغة فى مقياس رسم الضلع ٣ مرة.

شكل (١٦)

٢ – طريقة المثلث الشفاف : تعتبر هذه الطريقة من الطرق السريعة المستخدمة كثيراً، وتتلخص فى :

أ – تجهز لوحة شفافة من ورق الكلك، ويرسم عليها الخط أ ب بطول مناسب ويقسم إلى قسمين متساويين، ويقام عمود من نقطة التقسيم بطول مناسب، ويوصل طرف العمود بكل من أ ، ب (يتكون مثلث متساوى الساقين). ثم يقسم الخط أ ب إلى عدد مناسب من الأقسام المتساوية، وتوصل نقط التقسيم بطرف العمود مع تمييز كل خامس خط بخط سميك نسبياً ، وترقم نقط التقسيم بدءاً من صفر فى الإتجاه من أ إلى ب وكذلك فى الإتجاه العكسى من ب إلى أ ، ثم يقسم العمود إلى عدد من الأقسام المناسبة، ويرسم من نقط التقسيم خطوطاً أفقية توازى الخط أ ب (شكل ١٧).

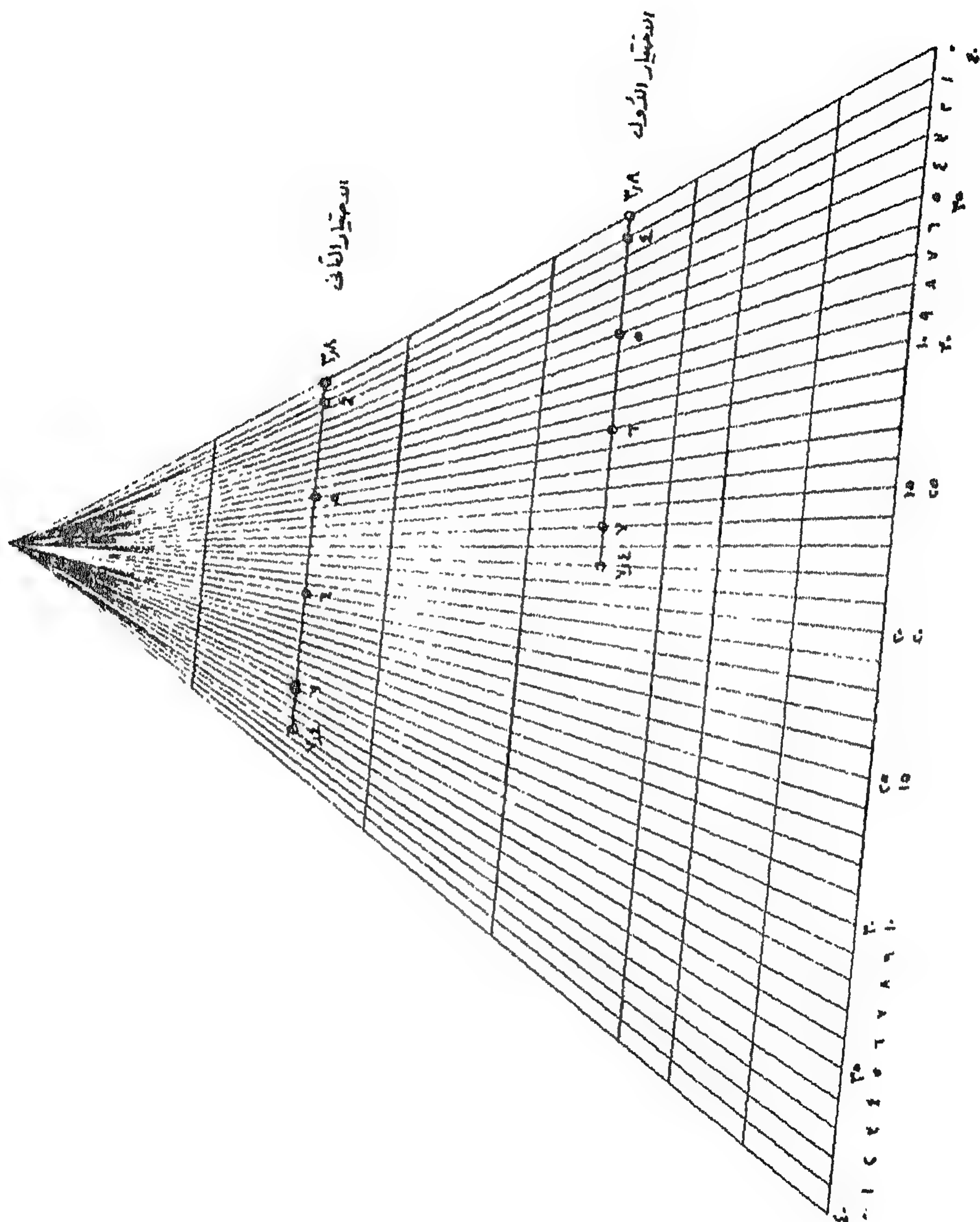
ب – لتعيين نقط المنسوب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ متراً على الضلع المحصور بين نقطتى المنسوب ٣,٨م ، ٧,٤ م فى المثال السابق، يختار

مقياس مناسب لتقسيم فرق المنسوب بينهما وهو ٣,٦م إلى عدد من الأقسام المتساوية وبحيث تكون قيمة القسم الواحد مناسبة أيضاً لتحديد نقط المنسوب المطلوبة. يمكن تقسيم ٣,٦م إلى ١٨ قسماً قيمة القسم الواحد ٠,٢م (إختيار أول) أو إلى ٣٦ قسماً قيمة القسم الواحد ٠,١م (إختيار ثانى).

جـ - توضع شفافة الكلك على لوحة المناسيب بحيث يكون الضلع المحصور بين نقطتى المنسوب ٣,٨م ، ٧,٤ م موازياً للخط أ ب وذلك بمساعدة الخطوط الأفقية، ثم تحرك الشفافة إلى أعلى أو إلى أسفل حتى ينطبق الحد الخارجى للمثلث (تدريجه = صفر) على نقطة المنسوب ٣,٨م وينطبق الخط المائل رقم ١٨ على نقطة المنسوب ٧,٤ م (الإختيار الأول) أو الخط المائل رقم ٣٦ (الإختيار الثانى) مع المحافظة على الوضع المتوازى المذكور سابقاً. وبذلك يقسم الضلع إلى ١٨ قسماً متساوياً قيمة القسم الواحد ٠,٢م أو إلى ٣٦ قسماً متساوياً قيمة القسم الواحد ٠,١م بواسطة الخطوط المائلة.

د - تعين نقطة المنسوب ٤م على الخط المائل رقم ١ أى على بعد قسم واحد مقداره ٠,٢م ، وكذلك نقطة منسوب ٥م على الخط المائل رقم ٦ (٦ × ٠,٢ = ١,٢ + ٣,٨ = ٥م)، وأيضاً نقطة منسوب ٦ م على الخط المائل رقم ١١ ، ونقطة منسوب ٧م على الخط المائل رقم ١٦ (١٦ × ٠,٢ = ٣,٢ + ٣,٨ = ٧,٠م). أو أن تحدد نقط المناسيب ٤، ٥، ٦، ٧ متراً على الخطوط المائلة أرقام ٢، ١٢ ، ٢٢ ، ٣٢ (الإختيار الثانى). ويتم تعيين تلك النقط بواسطة دبوس إبرة أو أى أداة أخرى مناسبة (شكل ١٧). وبنفس الطريقة يتم تحديد نقط المناسيب المطلوبة على بقية أضلاع الشبكة.

وعادة يكون لدى الخرائطى عدة شفافات بمثلثات مختلفة الأبعاد ومختلفة التقسيم تتناسب مع مايمكن أن يصادفه من شبكات نقط المناسيب.



شكل (١٧)

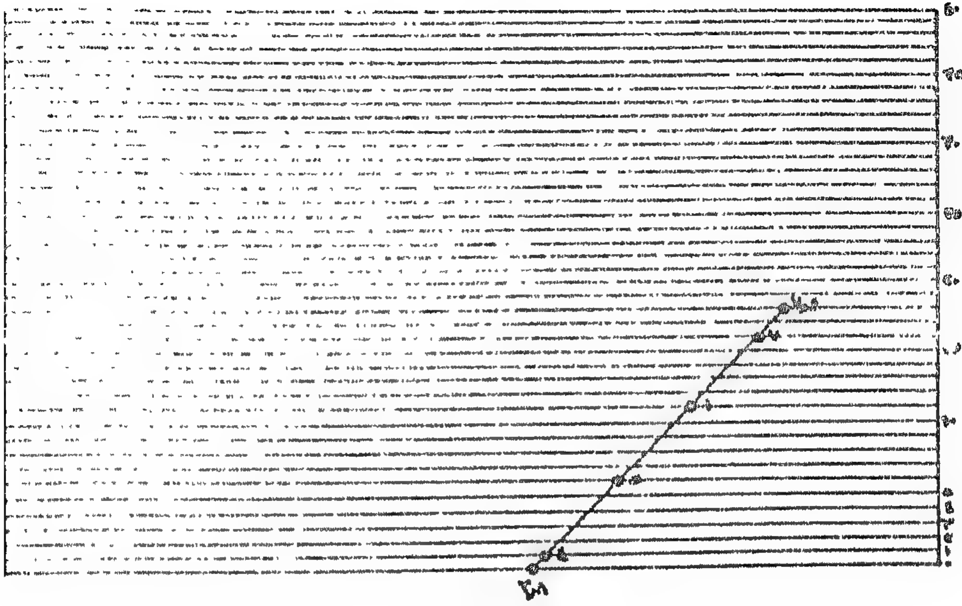
٣ - طريقة الخطوط المتوازية على مسافات متساوية : تشبه هذه الطريقة طريقة المثلث الشفاف إلا أنها لاتتطلب تحقيق شرط التوازى، لذا تعد طريقة سهلة وسريعة، وتتلخص فى :

أ - تجهز لوحة شفافة من ورق الكلك، ويرسم عليها مجموعة من الخطوط الأفقية المتوازية بطول مناسب وعلى مسافات متساوية قد تكون ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ ملليمتراً، وترقم بدءاً من الصفر وذلك فى الإتجاهين من أسفل إلى أعلى ومن أعلى إلى أسفل.

ب - لتعيين نقط المناسيب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ متراً فى المثال السابق، توضع شفافة الكلك بحيث ينطبق خط رقم صفر على نقطة على نقطة المنسوب ٣,٨م ، ثم تدار الشفافة حتى ينطبق الخط رقم ١٨ على نقطة المنسوب ٧,٤ ، أى أن الضلع بينهما قد تم تقسيمه إلى ١٨ قسماً متساوياً قيمة القسم الواحد ٠,٢م (إختيار أول) أو ينطبق الخط رقم ٣٦ وبذلك يكون قيمة القسم الواحد ٠,١م (إختيار ثانى).

جـ - تعين نقطة منسوب ٤م على الخط المتوازى رقم ١ أى على بعد ٠,٢م ، وكذلك نقطة مناسيب ٥، ٦، ٧م على الخطوط أرقام ٦، ١١، ١٦ ، أو أن تحدد نقط المناسيب ٤، ٥، ٦، ٧ م على الخطوط المتوازية أرقام ٢، ١٢، ٢٢، ٣٢ (الإختيار الثانى). ويتم تعيين تلك النقط بواسطة دبوس إبرة أو أى أداة أخرى مناسبة (شكل ١٨). وبنفس الطريقة يتم تحديد نقط المناسيب المطلوبة على بقية أضلاع الشبكة.

وعادة يكو لدى الخرائطى عدة شفافات بخطوط متوازية على مسافات مختلفة تتناسب مع مايمكن أن يصادفه من شبكات نقط المناسيب.



شكل (١٨)

٤ - طريقة المثلث والمسطرة : يستعمل مثلث صغير قائم الزاوية مع مسطرة لتعيين نقط المنسوب المطلوبة ٤، ٥، ٦، ٧ م فى المثال السابق، وذلك على النحو التالى:

أ - توضع حافة المسطرة على الضلع المحصور بين نقطتى المنسوب ٣,٨ ، ٧,٤ م بحيث يقع تدريج ٣,٨ سم على المسطرة على نقطة المنسوب ٣,٨ م ، وتكون رأس الزاوية القائمة بالمثلث عند تدريج ٧,٤ سم على المسطرة.

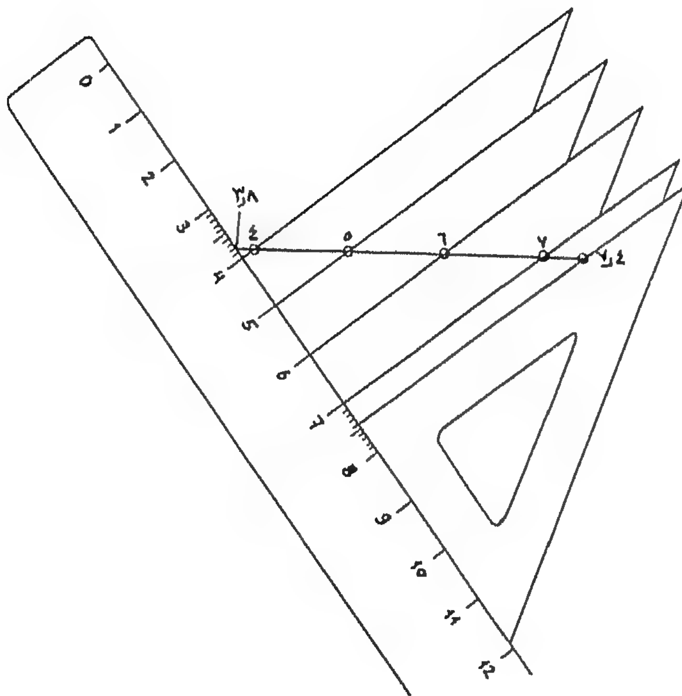
ب - يتم تحريك المسطرة والمثلث على هذا الوضع حتى تقطع نقطة المنسوب ٧,٤م مماسة للضلع القائم وبشرط المحافظة على تماس التدريج ٣,٨ سم على المسطرة لنقطة المنسوب ٣,٨م.

جـ - تثبت المسطرة جيداً فى هذا الوضع، وبحرك المثلث على حافتها حتى تقع رأس الزاوية القائمة بالمثلث عند تدريج ٤ سم على المسطرة فتقطع حافة

الضلع القائم بالمثلث ضلع الشبكة الواصل بين نقطتى المنسوب فى نقطة هى نقطة المنسوب ٤م المطلوبة ويتم توقيعها بالقلم الرصاص، ثم يحرك المثلث مرة أخرى حتى تقع رأس الزاوية القائمة عند تدريج ٥ سم على المسطرة، وتوقع نقطة المنسوب المطلوبة ٥م ، وهكذا بالنسبة لنقطتى المنسوب ٦ ، ٧ م (شكل ١٩).

د - يتم تحديد نقط المنسوب المطلوبة على بقية أضلاع الشبكة بنفس الطريقة.

فى كل الطرق التخطيطية السابقة، وبعد إيجاد مواقع نقط المناسيب التى ستمر بها خطوط الكنتور المطلوبة يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بعضها ببعض بخطوط منحنية ممهدة هى خطوط الكنتور المطلوبة.



شكل (١٩)

الفاصل الكنتورى (الفترة الكنتورية) :

الفاصل الكنتورى هو المسافة الرأسية بين خط الكنتور والذى يليه، ويسمى أحياناً بالفاصل الرأسى أو المسافة الرأسية. وقد يكون الفاصل الكنتورى بالمتر أو بالقدم حسب طبيعة مقياس رسم الخريطة كيلومترى أو ميلى. ويؤثر الفاصل الكنتورى على درجة وضوح تفاصيل تضاريس سطح الأرض على الخريطة خاصة فى المناطق ذات التضرس النسبى (المحلى) الكبير، حيث تتجاور المناطق شاهقة الإرتفاع والأودية السحيقة. ويقصد بالتضرس النسبى أو المحلى مدى التضاريس أى الفرق بين أعلى منسوب وأقل منسوب. فخريطتان مرسومتان بمقياس رسم واحد، أحداهما تمثل منطقة شديدة التضاريس والأخرى تمثل منطقة قليلة التضرس، فمن الطبيعى أن نجد الفاصل الكنتورى فى الأولى أكبر منه فى الثانية. وهكذا قد نجد الفاصل الكنتورى فى الأولى ٥٠م أو ١٠٠م بينما فى الثانية قد يساوى ٥م أو ربما متراً واحداً.

أما فى المناطق التى يغلب على طبيعتها التقارب فى المنسوب عدا بعض أشكال سطح الأرض التى تتنافر مناسيبها مع طبيعة التضاريس السائدة، فإن تحديد الفاصل الكنتورى يتم بناء على التضاريس السائدة بغض النظر عن أشكال سطح الأرض الشاذة والتى يمكن توضيحها بخطوط الكنتور المساعدة. وتقترح بعض الجهات المسئولة عن إنتاج الخرائط الطبوغرافية فواصل كنتورية بناء على طبيعة المناسيب ومعدل الإنحدار فى المنطقة المراد إنشاء خريطة كنتورية لها كما فى الجدول التالى :

إختيار الفاصل الكنتورى

تبعاً لطبيعة المناسيب ومعدل الإنحدار

طبيعة المناسيب	معدل إنحدار سطح الأرض	الفاصل الكنتورى المقترح بالمتر
مناسيب منخفضة	٠ — ٥٪	١٠
مناسيب منخفضة إلى متوسطة	— ٢٠٪	١٠
مناسيب متوسطة	— ٤٥٪	٢٠
مناسيب مرتفعة	أكبر من ٤٥٪	٤٠

ويختلف مقدار الفاصل الكنتورى عند إختلاف مقياس الرسم، فالخريطة صغيرة المقياس والتى تبين قارة أو إقليم والتى تتساوى فى مساحة اللوحة المرسومة عليها مع اللوحة التى تبين منطقة محدودة الاتساع بمقياس رسم كبير يكون الفاصل الكنتورى فى الأولى أكبر منه فى الثانية.

ويختلف مقدار الفاصل الكنتورى فى الخريطة الواحدة تبعاً لاختلاف مناسيب المنطقة التى تبينها الخريطة ذات مقياس الرسم الصغير والتى تبين مناطق شاسعة تتباين فيها التضاريس بدرجة كبيرة، إذ من الصعب المحافظة على فاصل كنتورى واحد فى أجزاء الخريطة حتى يمكن الإلمام بأكبر قدر من تفاصيل التضاريس. فالفاصل الكنتورى ١٠٠م قد يكون مناسباً لتمثيل المناطق الجبلية، ولكنه بالتأكيد غير مناسب للمناطق السهلية، على الرغم مما قد يكون موجود بها من ظاهرات تضاريسية تستحق الظهور، فقد يكون بها أشكال جيورمورفولوجية تقل أبعادها الرأسية عن ١٠٠م. ولايخفى علينا أن المناطق السهلية تهم الجغرافى وغيره فى دراسته أكثر مما تهمه المناطق الجبلية. وعلى العكس من ذلك عند إختيار فاصل كنتورى صغير ومناسب للمناطق السهلية فإن خطوط الكنتور سوف

تتزاحم وتقترب من بعضها البعض في المناطق الجبلية وتطمس كثير من المعالم الجغرافية التى كان يمكن قراءتها وتفسيرها إذ كان الفاصل الكنتورى كبير. ويلاحظ عادة فى خرائط الأطالس تغير مقدار الفاصل الكنتورى فى أجزائها لأنها تضم تبايناً تضاريسياً كبيراً.

وبصفة عامة، فإن الفاصل الكنتورى يتناسب تناسباً عكسياً مع مقياس الرسم فيصغر مع مقياس الرسم الكبير، ويكبر مع مقياس الرسم الصغير. ويتناسب تناسباً طردياً مع شدة تضرس المنطقة فيكبر فى المناطق عالية التضرس ويصغر فى المناطق قليلة التضرس. وبمعنى آخر كلما كانت الأرض سهلية كلما احتاجت إلى فاصل صغير لبيان التغيرات الطفيفة فى السطح، أما فى الأراضى الجبلية الوعرة فيجب إختيار فاصل كبير لأنه يكفى لبيان معالم سطح الأرض بدقة.

ويتوقف إختيار الفاصل الكنتورى على الزمن والتكاليف اللازمة للعمل المساحى، فكلما صغر هذا الفاصل كلما زاد العمل الحقلى المساحى وزاد معه بالتبعية العمل المكتبى عند رسم خطوط الكنتور، ويتطلب ذلك زيادة فى الوقت والتكاليف اللازمين لإنجاز العمل.

كما يتوقف إختيار الفاصل الكنتورى على الهدف من إنشاء الخريطة، إذ يجب إختيار فاصل صغير إذا كان الغرض إنشاء خريطة دقيقة للإستعمالات الهندسية والإنشائية. أما فى الخرائط العامة والتى لاتتطلب دقة عالية فمن المناسب أن يكون الفاصل كبيراً.

ويرى بعض الخرائطيين أن يكون الفاصل الكنتورى ثابتاً فى الخريطة الواحدة، وإذا كانت هناك بعض أجزاء منبسطة من سطح الأرض تحتاج إلى توضيح أو بعض الظواهر الجيومورفولوجية محدودة الإرتفاع كالكومات والرواسب المخروطية عند أقدام الحافات وعند مخارج الأودية الصغيرة، والمنخفضات الصغيرة كالدولينات، ففى مثل هذه الحالات تستخدم الطرق الخرائطية الأخرى لبيان تلك المعالم مثل خطوط الهاشور، إذ يصعب إستخدام فاصل كنتورى أصغر لبيان تلك

المعالم وإلا أوحت خطوط الكنتور الإضافية بإختلاطها بخطوط الكنتور الرئيسية مظهراً مخالفاً لشكل سطح الأرض.

العلاقة بين زوايا إنحدار سطح الأرض والفاصل الكنتورى ومقياس الرسم:

يختلف الفاصل الكنتورى من خريطة لأخرى تبعاً لزوايا إنحدار سطح الأرض فى المنطقة التى تمثلها الخريطة ومقياس الرسم، إذ تؤثر زوايا إنحدار السطح فى إختيار مقياس الرسم المناسب وبالتالى فى المسافة الأفقية أى فى مدى تداخل خطوط الكنتور. ويمكن حساب المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور من العلاقة التالية:

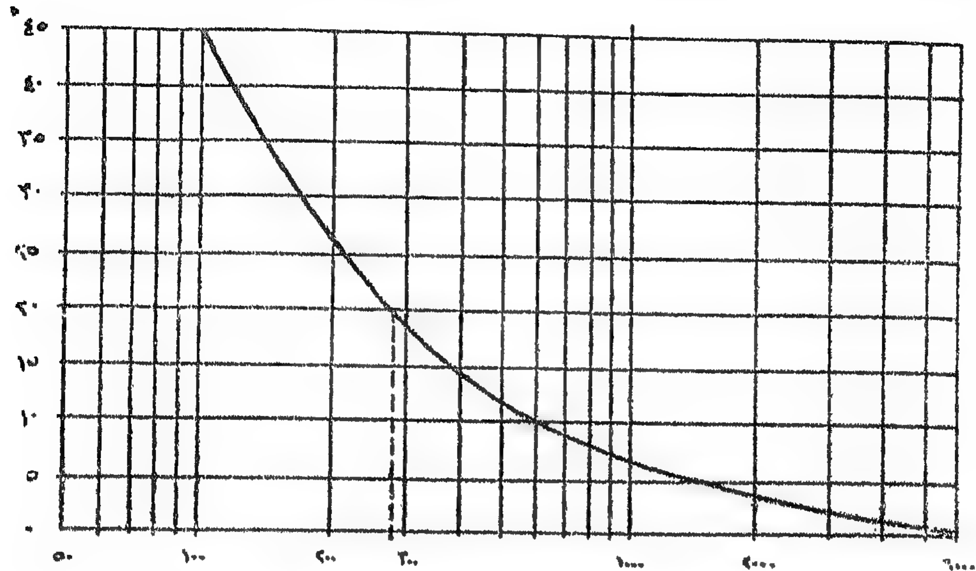
المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور = الفاصل الكنتورى × ظتا زاوية إنحدار سطح الأرض

ويبين المنحنى البيانى نصف اللوغاريتى (شكل ٢٠) العلاقة بين المسافة الأفقية (موقعه على المحور الأفقى اللوغاريتمى) وزوايا الإنحدار (موقعه على المحور الرأسى الحسابى) والفاصل الكنتورى المختار. فمثلاً إذا كانت زاوية إنحدار سطح الأرض = ٢٠° والفاصل الكنتورى المراد إنشاء الخريطة على أساسه = ١٠م تكون المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور باستخدام المنحنى البيانى كالتالى :

$$٢٧٥ \times \frac{١٠}{١٠٠} = ٢٧,٥ \text{م}$$

وذلك بأخذ القراة على المنحنى المقابلة للزاوية ٢٠° على المحور الأفقى وبضربها فى المعامل $\frac{\text{الفاصل الكنتورى}}{١٠٠}$ يكون الناتج هو المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور بالأمتار. فإذا كان مقياس رسم الخريطة ١ : ٥٠,٠٠٠ تكون المسافة الأفقية على الخريطة $\frac{١ \times ٢٧,٥}{٥٠,٠٠٠}$ = ٠,٥٥ ملليمتراً وهى مسافة أقل من ملليمتر واحد مما يترتب عليه التصاق خطوط الكنتور ببعضها عند رسمها، ولذلك يلزم إختيار فاصل كنتورى أكبر أو إختيار مقياس رسم أكبر للخريطة ١ : ٢٥,٠٠٠ أو ١ : ٢٠,٠٠٠ أو ١ : ١٠,٠٠٠ . وفى هذه الحالة تكون المسافة الأفقية بين

خطوط الكنتور ١,١ أو ١,٣٨ أو ١,٧٥ ملليمتراً على الترتيب، وبطبيعة الحال فإن هذه المسافات صغيرة أيضاً ولكنها تعبر عن شدة الإنحدار.



المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور = (الفاصل الكنتوري / ١٠٠) × القراءة المقابلة لزاوية الانحدار على المحور الأفقي اللوغاريتمي

شكل رقم (٢٠)

الخطوط الكنتورية الهامة ونقط المناسيب :

ترسم بعض خطوط الكنتور أحياناً بسمك أكبر من بقية الخطوط، وبعض هذه الخطوط يرسم بقصد تسهيل قراءة المناسيب، وبعضها يرسم لأغراض أخرى. وتكتب قيم الخطوط السميكة فقط بقصد التوضيح وعدم إزدحام الخريطة بالأرقام خاصة إذا كانت خطوط الكنتور متقاربة، وعندئذ يختار خط بعد كل عدد ثابت من خطوط الكنتور، وعادة يكون هذا الخط هو الخامس ومضاعفاته أو العاشر ومضاعفاته. كما أن مثل تلك الخطوط السميكة تبرز الصورة التضاريسية بشكل أوضح.

وقد يكون للخطوط الكنتورية السميكة دلالة علمية خاصة، فخط الصفر خط هام فى لوحات أطلس مصر الطبوغرافى مثلاً لأنه يحدد المناطق التى تنخفض عن مستوى سطح البحر فى المنخفضات الصحراوية مثل بحيرة قارون فى منخفض الفيوم، ومنخفض القطارة وغيره، كما أن خط كنتور ٢٠م له أهمية خاصة على اعتبار أنه يحدد الدلتا.

ويجب الإحتفاظ بعدد مناسب من نقط المناسيب على الخريطة الكنتورية لتساعد فى توضيح أشكال سطح الأرض التى لاتوضحها خطوط الكنتور مثل قمم التلال أو أعلى منسوب على سطح الهضبة أو أدنى منسوب فى قاع الحوض أو عدة نقط مناسيب فى المنطقة الخالية من خطوط الكنتور لتوضح تموج السطح. وهناك عدة إعتبارات يجب مراعاتها هى :

١ - يجب أن تحوى الخريطة الكنتورية نقط منسوب لكل قمة جبل أو قمة تل أو أعلى منسوب فى سلسلة مرتفعات متجاورة، وكذلك أقل منسوب وأعلى منسوب فى قيعان المنخفضات.

٢ - يجب أن تظهر نقطة أعلى منسوب على الأرض المنبسطة الواسعة.

٣ - يجب أن تظهر على الأقل نقطة منسوب واحدة تبين منسوب سطح المياه فى البحيرات والبرك والمستنقعات.

٤ - يجب أن تظهر نقط المناسيب عند إلتقاء الروافد المائية بمجاريها الرئيسية.

خواص خطوط الكنتور :

١ - بما أن الفاصل الكنتورى يمثل الفرق بين منسوب أى نقطتين على خطى كنتور متتاليين، فإن أشد المنحدرات إنحداراً هو إتجاه أقصر مسافة بين خطوط الكنتور، ويكون هذا الإتجاه عند أى نقطة على خط كنتور معين عمودياً على إتجاه هذا الخط.

٢ – يمكن أن تنطبق خطوط الكنتور مختلفة المنسوب فوق بعضها البعض وتبدو وكأنها خطاً واحداً وذلك فى حالة وجود منحدر رأسى (قائم أو حائطى).

٣ – لايتقابل خطاً كنتور مختلفا المنسوب ليكوّنا خطاً واحداً، كما لايمكن أن يتفرع خط كنتور إلى خطين.

٤ – لايمكن أن ينتهى خط كنتور فى مكان ما على مسطح الخريطة، ولكنه يجب أن يكون مقفلاً، وليس ضرورياً أن يقفل خط الكنتور داخل حدود الخريطة، ولكنه ينتهى عند إطار الخريطة.

٥ – تظهر خطوط الكنتور متتابعة ومتتالية فى قيمها، فتتزايد فى حالة الإرتفاع وتتناقص فى حالة الإنخفاض تبعاً لشكل سطح الأرض، ولايمكن أن يوجد خط كنتور شاذ فى منسوبه عن الخطوط التى توجد قبله أو بعده.

٦ – لاتتقاطع خطوط الكنتور إلا فى حالة الكهوف فقط.

٧ – فى الحلقات الكنتورية المقفلة داخل الخريطة، يكون منسوب خط الكنتور الخارجى أقل قيمة، وتزيد قيم مناسيب خطوط الكنتور بالإتجاه نحو الداخل إذا كانت خطوط الكنتور المجاورة للحلقة فى حالة تزايد فى المناسيب. أما إذا كانت خطوط الكنتور المجاورة للحلقة المقفلة داخل الخريطة فى حالة تناقص فى المناسيب، فإن منسوب خط الكنتور الخارجى يكون أكبر قيمة وتتناقص قيم مناسيب خطوط الكنتور بالإتجاه نحو داخل الحلقة.

٨ – إذا اعترض خطوط الكنتور المتزايدة فى المنسوب حلقة كنتورية، فإن منسوب هذه الحلقة هو منسوب خط الكنتور التى يعلوها مباشرة.

الفصل الثانى
تفسير خطوط الكنتور
وقراءة الخريطة الكنتورية وتحليلها

أولاً : تحديد المنسوب.

ثانياً : حساب قيمة الانحدار.

ثالثاً : تعيين أنواع المنحدرات :

- المنحدرات المنتظمة.
- المنحدرات غير المنتظمة.

رابعاً : أشكال سطح الأرض:

- البروزات.
- الهضاب.
- التلال.
- الجروف.
- الكويستات.
- ظهور الخنازير.
- السلاسل الجبلية.
- الأحواض.
- الأودية والظاهرات المصاحبة لها.
- تعرجات خط كنتور الساحل (صفر) والظاهرات المرتبطة به.

خامساً : تحليل الخريطة الكنتورية:

- الوحدات التضاريسية.
- السهل.
- الهضبة.
- الجبل.

الفصل الثانى
تفسير خطوط الكنتور
وقراءة الخريطة الكنتورية وتحليلها

تعتبر خطوط الكنتور أنسب طريقة خرائطية - حتى الوقت الحاضر - فى تمثيل سطح الأرض ذى الأبعاد الثلاثة على اللوحة المستوية ذات البعدين، ونجحت فى إبراز عناصر سطح الأرض بصورة علمية دقيقة ومرضية، والتى تتمثل فى تحديد المنسوب وحساب قيمة الإنحدار وتعيين أنواع المنحدرات والتعرف على أشكال سطح الأرض.

أولاً : تحديد المنسوب :

منسوب أى نقطة على سطح الأرض هو بعدها الرأسى عن متوسط مستوى سطح البحر. ويمكن تحديد منسوب أى نقطة على الخريطة الكنتورية وذلك فى الحالات الثلاث التالية :

١ - حالة وقوع النقطة على خط كنتور : إذا كانت النقطة المطلوب معرفة منسوبها تقع على خط كنتور، يكون منسوبها هو قيمة خط الكنتور الذى تقع عليه. فإذا كانت النقطة تقع على خط كنتور ٥٠م مثلاً فإن منسوبها هو ٥٠م وهكذا.

٢ - حالة وقوع النقطة بين خطى كنتور : يمثل إفتراض أن سطح الأرض منتظم الإنحدار بين كل نقطتين متجاورتين من نقط المناسيب عند رسم خطوط الكنتور من لوحة المناسيب، الأساس الذى يقوم عليه حساب منسوب أى نقطة تقع بين خطى كنتور. ويترتب على هذا الفرض أن سطح الأرض فى الإتجاه العمودى بين أى خطى كنتور متتاليين منتظم الإنحدار. وبالتالى يمكن حساب منسوب النقطة المطلوبة بالخطوات التالية :

أ - يرسم خطاً بالقلم الرصاص الخفيف عمودياً قدر الإمكان بين خطى الكنتور ويمر بالنقطة.

ب - يقاس طول هذا الخط العمودى على الخريطة بدقة.

جـ - تقاس المسافة بين النقطة المطلوبة حساب منسوبها وخط الكنتور الذى يعلوها أو خط الكنتور الأدنى منها على الخط العمودى.

د - يحسب فرق المنسوب بين خطى الكنتور.

هـ - إذا كان المطلوب حساب نقطة (ن) مثلاً الواقعة بين خطى كنتور ١٥م، ٢٠م وكان طول الخط العمودى المار بها ١,٢ سم، والمسافة بينها وبين خط كنتور ١٥م = ٠,٥٥ سم، فإن منسوب (ن) :

فرق منسوب قدره ٥م يقابله مسافة أفقية ١,٢٠ سم

فرق منسوب قدره س يقابله مسافة أفقية ٠,٥٥ سم

∴ س (فرق المنسوب بين كنتور ١٥م والنقطة ن) = $\frac{٥ \times ٠,٥٥}{١,٢}$ =٢,٢٩م

، ∵ منسوب النقطة (ن) أكبر من منسوب كنتور ١٥م وأقل من منسوب كنتور ٢٠م لأنها تقع بينهما، وقد قيست المسافة بينها وبين خط كنتور ١٥م.

∴ منسوب (ن) = ١٥ + ٢,٢٩ = ١٧,٢٩م

و - ويمكن حساب منسوب النقطة (ن) عن طريق قياس المسافة بينها وبين خط كنتور ٢٠م ، فإذا كانت المسافة ٠,٦٥ سم فإن منسوب (ن) :

فرق منسوب قدره ٥م يقابله مسافة أفقية ١,٢ سم

فرق منسوب قدره س يقابله مسافة أفقية ٠,٦٥ سم

∴ س (فرق المنسوب بين كنتور ٢٠م والنقطة ن) = $\frac{٥ \times ٠,٦٥}{١,٢}$ =٢,٧١م

∴ منسوب النقطة (ن) أكبر من منسوب كنتور ١٥م وأقل من منسوب كنتور ٢٠م لأنها تقع بينهما، وقد قيست المسافة بينها وبين خط كنتور ١٥م.

∴ منسوب (ن) = ٢٠ − ٢,٧١ = ١٧,٢٩م

٣ – فى حالة وقوع النقطة داخل حلقة كنتورية : إذا كان منسوب الحلقة الكنتورية فى تتابع مناسيب يشير إلى الإرتفاع أى التزايد فى المنسوب، فإن منسوب النقطة هو منسوب الحلقة الكنتورية + $\frac{١}{٢}$ الفاصل الكنتورى. أما إذا كان منسوب الحلقة الكنتورية فى حالة تتابع مناسيب يشير إلى الإنخفاض أى التناقص فى المنسوب، فإن منسوب النقطة هو منسوب الحلقة الكنتورية − $\frac{١}{٢}$ الفاصل الكنتورى. فإذا كانت النقطة (ن) مثلاً تقع داخل حلقة كنتورية منسوبها ١٥٠م وفى حالة تزايد المنسوب والفاصل الكنتورى ١٠م فإن منسوب (ن) = ١٥٠ + $\frac{١٠}{٢}$ = ١٥٥م. أما إذا كانت الحلقة الكنتورية فى حالة تناقص المنسوب فإن منسوب (ن) = ١٥٠ − $\frac{١٠}{٢}$ = ١٤٥م.

وقد تضم الخريطة الكنتورية نقط مناسيب فى بعض أجزائها التى تصغر فيها قيمة الفاصل الكنتورى، أو تقل بها خطوط الكنتور كالسهول الفيضية وقيعان الأودية والمنخفضات أو أعالى المرتفعات وأسطح الهضاب وقمم التلال وذلك بهدف توضيح أشكال سطح الأرض والتعبير عن منسوبها بدقة. وقد توجد بعض هذه النقاط داخل بعض الحلقات الكنتورية، وفى هذه الحالة فإن منسوب النقطة (ن) المطلوبة هو متوسط قيم نقط المناسيب الواقعة بداخلها. أما إذا كانت توجد نقطة منسوب واحدة داخل الحلقة الكنتورية، فإن منسوب النقطة المطلوبة (ن) هو منسوب الحلقة الكنتورية ± فرق المنسوب بين منسوب الحلقة ومنسوب نقطة المنسوب وذلك تبعاً لطبيعة تتابع مناسيب خطوط الكنتور المجاورة للحلقة.

ثانياً : حساب قيمة الإنحدار :

الانحدار Gradient : هو مقدار أو قيمة ميل سطح الأرض عن المستوى الأفقي. ويمكن التعبير عن قيمة الإنحدار بصور مختلفة : إما بالصورة الزاويّة أى بدرجة أو زاوية الإنحدار، أو بالصورة النسبية أى بنسبة الإنحدار أو بصورة المعدل أى بمعدل الإنحدار. ويمكن حساب قيمة إنحدار سطح الأرض على طول إتجاه معين على الخريطة الكنتورية والتعبير عنه بأى صورة من الصور السابقة على النحو التالى :

١ – **درجة الإنحدار** : هى الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقى وسطح الأرض. وينبغى عند حساب درجة الإنحدار على طول خط (إتجاه) محدد على الخريطة بين نقطتين إيجاد فرق المنسوب بين هاتين النقطتين وكذلك حساب المسافة الأفقية بينهما فى الطبيعة عن طريق قياس المسافة بينهما على الخريطة ومقياس الرسم، ثم قسمة فرق المنسوب على المسافة الأفقية. ويعتبر ناتج القسمة هو ظل (ظا) درجة الإنحدار، وبالكشف عن الزاوية المقابلة لهذا الظل فى جداول الظلال يتم الحصول على الزاوية (الدرجة) المطلوبة.

إذا كان المطلوب حساب درجة إنحدار سطح الأرض بين النقطتين أ ، ب على الخريطة، وكان منسوب (أ) ١٢٠م ومنسوب (ب) ٧٣,٧٥م ، والمسافة الأفقية بينهما فى الطبيعة ٤٣٠ م فإن :

$$\text{ظا درجة الإنحدار} = \frac{\text{فرق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{١٢٠ - ٧٣,٧٥}{٤٣٠} = \frac{٤٦,٢٥}{٤٣٠} = ٠,١٠٧٦$$

وبالكشف فى جداول الظلال (أو باستخدام الآلة الحاسبة) فإن درجة الإنحدار = ٢٩″ ٨′ ٠٦°

٢ – **نسبة الإنحدار** : هى النسبة بين فرق المنسوب والمسافة الأفقية، ويجب أن يكون الحد الأيمن للنسبة واحد صحيح. فى المثال السابق نسبة الإنحدار هى :

فرق المنسوب : المسافة الأفقية

٤٦,٢٥ : ٤٣٠

١ : ٩,٢٩

وتعنى هذه النسبة أن كل ١ م فرق منسوب يقابله مسافة أفقية قدرها ٩,٢٩م.

ويمكن حساب درجة الإنحدار من نسبة الإنحدار، وذلك بقسمة الحد الأيمن للنسبة على الحد الأيسر ($\frac{١}{٩,٢٩}$) ، وناتج القسمة هو قيمة ظل (ظا) الدرجة (الزاوية) المطلوبة والتي يتم الحصول عليها بالكشف فى جداول الظلال

$\frac{١}{٩,٢٩}$ = ٠,١٠٧٦ = ٢٩ً ٨َ ٠٦

٣ – معدل الانحدار : هو النسبة المئوية لخارج قسمة فرق المنسوب على المسافة الأفقية أى النسبة المئوية لظل درجة الإنحدار. وهو أيضاً النسبة المئوية لخارج قسمة الحد الأيمن لنسبة الإنحدار على الحد الأيسر. ففى المثال السابق:

معدل الإنحدار = $\frac{\text{فرق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}}$ × ١٠٠ = $\frac{٤٦,٢٥}{٤٣٠}$ × ١٠٠ = ١٠,٧٦٪

وكذلك معدل الإنحدار = $\frac{\text{الحد الأيمن لنسبة الإنحدار}}{\text{الحد الأيسر لنسبة الإنحدار}}$ × ١٠٠

= $\frac{١}{٩,٢٩}$ × ١٠٠ = ١٠,٧٦٪

ويعنى هذا المعدل أن كل ١٠٠م مسافة أفقية يقابلها فرق منسوب قدره ١٠,٧٦ متراً. وبذلك يمكن حساب نسبة الإنحدار من معدل الإنحدار (١٠,٧٦٪) على النحو التالى :

فرق المنسوب : المسافة الأفقية

١٠,٧٦ : ١٠٠

١ : ٩,٢٩

كما يمكن حساب ظل (ظا) درجة الإنحدار من معدل الإنحدار (١٠,٧٦٪) وبالتالي الحصول على درجة الإنحدار.

ظا درجة الإنحدار = $\frac{١٠,٧٦}{١٠٠}$ = ٠,١٠٧٦ وبالكشف في جداول الظلال

∴ درجة الإنحدار = ٢٩ً ٨َ ٠٦°

ويبين (الملحق رقم ٣) العلاقة بين درجة الإنحدار ومعدل الإنحدار.

ثالثاً : تعيين أنواع المنحدرات :

المنحدر Slope هو مصطلح وصفي يصف طبيعة التغير في قيمة الإنحدار على إمتداد إتجاه معين على سطح الأرض أو خط محدد على الخريطة الكنتورية. ويحدد قيمة الإنحدار المتغيران فرق المنسوب والمسافة الأفقية، لذا فإن أي تغير في واحد منهما أو في كليهما سوف يؤدي إلى تغير في هذه القيمة. فعند تساوي المسافة الأفقية مع تغير فرق المنسوب فإن قيمة الإنحدار تزداد مع تزايد فرق المنسوب وتتناقص مع تناقصه، أي أن العلاقة بين قيمة الإنحدار وفرق المنسوب علاقة طردية بشرط ثبات المسافة الأفقية. وعند تساوي فرق المنسوب مع تغير المسافة الأفقية، فإن قيمة الإنحدار تتزايد مع تناقص المسافة الأفقية وتتناقص مع تزايد المسافة الأفقية، أي أن العلاقة بين قيمة الإنحدار والمسافة الأفقية علاقة عكسية بشرط ثبات فرق المنسوب.

ويمثل الفاصل الكنتوري فرق المنسوب، وقيمة هذا الفاصل ثابتة على الخريطة الكنتورية، وبذلك فإن الذي يؤثر على قيمة الإنحدار بالتساوي أو بالتغير زيادة أو نقصاناً هو المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور. فإذا كبرت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور صغرت قيمة الإنحدار، وإذا صغرت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور كبرت قيمة الإنحدار، وإذا تساوت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور تساوت قيمة الإنحدار. وبناء على تلك القاعدة البسيطة يمكن تحديد أنواع المنحدرات والتعرف عليها من ملاحظة المسافات الأفقية بين خطوط الكنتور، أو بمعنى آخر ملاحظة مدى تقارب وتباعد خطوط الكنتور من بعضها البعض، وكذلك من فحص مناسيبها. فعندما تتقارب خطوط الكنتور من بعضها

البعض دل ذلك على الإنحدار الشديد، وإذا تباعدت عن بعضها البعض دل ذلك على الإنحدار الخفيف، وإذا تساوت المسافة بين خطوط الكنتور دل ذلك على الإنحدار المنتظم وإذا تغيرت المسافة بين خطوط الكنتور دل ذلك على الإنحدار غير المنتظم وهكذا. والإنحدار الخفيف هو الذى قيمته ١٠° فأقل والإنحدار المتوسط ٢٠° والإنحدار الشديد ٤٥° وبالتالى يمكن وصف المنحدرات بالخفيفة جداً، الخفيفة، المتوسطة، الشديدة، الشديدة جداً وهكذا يمكن التعبير عن قيمة الإنحدار بألفاظ وصفية هى وصفٌ للمنحدرات.

وتتلخص منحدرات سطح الأرض بصفة عامة فى مجموعتين :

١ - **مجموعة المنحدرات منتظمة الإنحدار** : وهى المنحدرات التى تتساوى على طول إمتدادها قيمة درجة الإنحدار. أى أن المسافات الأفقية بين خطوط الكنتور تكون متساوية لتمثل مايسمى بـ even slope أى منتظمة الإنحدار. وتنقسم منحدرات تلك المجموعة إلى :

أ - المنحدر الرأسى vertical slope . وهو منحدر تبلغ درجة إنحداره ٩٠° أى قائم، وفيه تتطابق خطوط الكنتور فوق بعضها البعض وتظهر وكأنها خط كنتور واحد له عدة مناسيب بعدد خطوط الكنتور المتطابقة. أى أن المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور تساوى صفراً.

ب - المنحدر الشديد steep slope : وفيه تتقارب خطوط الكنتور من بعضها البعض بصورة ملحوظة، وعندما يزداد تقارب خطوط الكنتور تزداد شدة المنحدر ليصبح شديداً جداً. وفى الغالب فإن خطوط الكنتور تميل إلى الإستقامة وقلة التعرج فى هذا النوع من المنحدرات.

جـ - المنحدر الخفيف gentle slope : وفيه تتباعد خطوط الكنتور عن بعضها البعض بمسافات أفقية ملحوظة، وكلما إزداد التباعد كلما قلت درجة الإنحدار حتى يصبح المنحدر خفيفاً جداً.

وهناك بين المنحدرات الشديدة والمنحدرات الخفيفة المنحدرات متوسطة الإنحدار moderate slope أى أن المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور متوسطة.

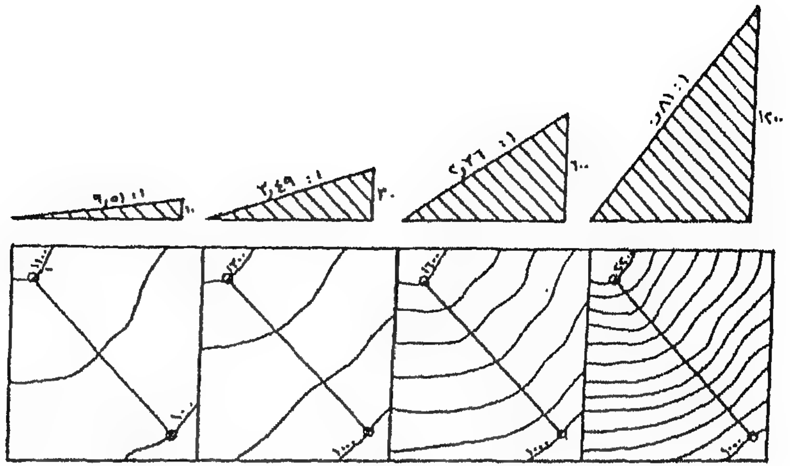
٢ - مجموعة المنحدرات غير منتظمة الإنحدار : وهى المنحـدرات التى تتغير على طول إمتدادها قيمة درجة الإنحدار من القمة إلى القاعدة. وتضم هذه المجموعة عدة أنواع من المنحدرات حسب طبيعة هذا التغير من أعالى المنحدر إلى أسافلة :

أ - المنحدر المحدب convex slope وهو المنحدر الذى تقل فى أعاليه درجة الإنحدار ثم تأخذ فى التزايد بالإتجاه نحو أسافله. وينعكس ذلك فى تباعد خطوط الكنتور عالية المنسوب عن بعضها، ثم تأخذ فى التقارب من بعضها البعض بالإتجاه نحو المناسيب الأقل، ويزداد تقاربها عند قاعدة المنحدر.

ب - المنحدر المقعر concave slope وهو عكس المنحدر المحدب إذ أن درجة الإنحدار كبيرة فى أعاليه وتقل بالإتجاه نحو أسافله. أى أن خطوط الكنتور عالية المنسوب متقاربة وخطوط الكنتور منخفضة المنسوب متباعدة ويزداد تباعدها عند قاعدة المنحدر.

جـ - المنحدر السُلَّمى أو المدرج step slope وفيه تتغير درجة الإنحدار على طول إمتداد المنحدر أكثر من مرة، فتتقارب خطوط الكنتور ثم تتباعد ثم تتقارب ثم تتباعد وهكذا بالإتجاه من قمة المنحدر نحو قاعدته. وبالتالى يمكن التعرف على الأجزاء شديدة الإنحدار والأخرى خفيفة الإنحدار، ويطلق على الأولى جبهة brow والأخرى كتف shoulder . وقد ينتهى المنحدر عند إتصاله بالمناطق السهلية المنبسطة الواقعة عند حضيضة بإنحدار شديد فجائى فيطلق عليه فى هذه الحالة اسم bluff.

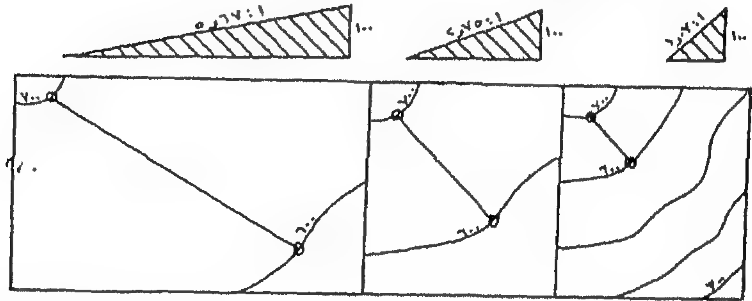
د - المنحدر المموج Wavey، وهو منحدر خفيف بصفة عامة تتباعد فيه خطوط الكنتور عن بعضها البعض بصورة ملحوظة، وتوجد بين تلك الخطوط حلقات كنتورية تضم مساحات محدودة، وتمثل تلك الحلقات الأجزاء المرتفعة والتى تبرز فوق مستوى سطح الأرض خفيفة الإنحدار والتى تعطى للمنحدر الشكل المموج. (شكل ٢١).



منحدر شديد جدا منحدر شديد منحدر متوسط منحدر خفيف

منحدرات منتظمة

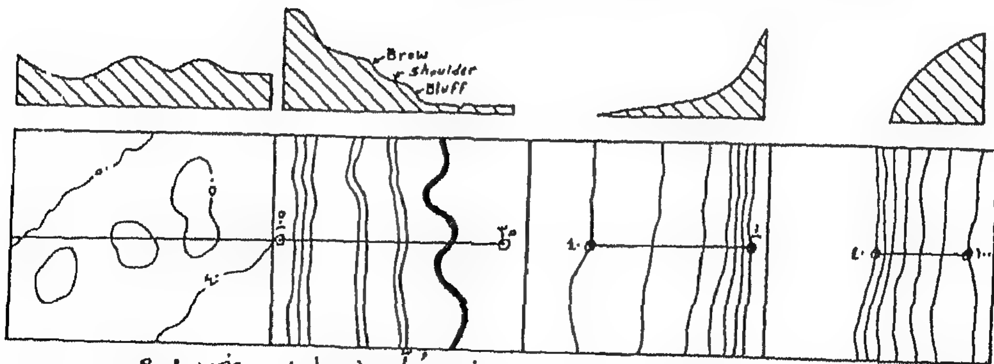
- المسافة الافقية متساوية وفرق المنسوب غير متساوى
- تزداد قيمة (نسبة) الانحدار مع زيادة فرق المنسوب



منحدر شديد منحدر متوسط منحدر خفيف

منحدرات منتظمة

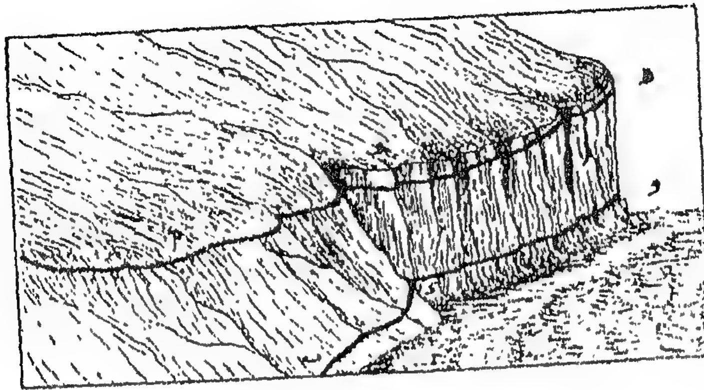
- فرق المنسوب متساوى والمسافة الافقية غير متساوية
- تزداد قيمة (نسبة) الانحدار مع قصر المسافة الافقية



منحدر محدب منحدر مقعر منحدر سُلمى (مصطبى) منحدر مموج

منحدرات غير منتظمة

شكل (٢١)





مجسم وخطوط كنتور تبين المنحدر المنتظم الرأسي ، ويلاحظ انطباق خط كنتور حـ هـ على خط كنتور د و حيث يمثل الأول خط كنتور أعلى المنحدر ، ويمثل الثاني حضيض المنحدر .

(تابع) شكل (٢١)

رابعاً : أشكال سطح الأرض :

لما كانت خطوط الكنتور هى الأسلوب المثالى لتمثيل وبيان مظاهر سطح الأرض المختلفة، فإن كل مظهر من أشكال هذا السطح يظهر بصورة معينة إذا ما رسم بخطوط الكنتور. ويمكن التعرف على هذه الأشكال من فحص ودراسة خطوط الكنتور إنثناءاتها وتعرجاتها وتداخلها فى بعضها البعض وإمتداداتها وطبيعة مناسيبها، وكذلك نظام تقاربها وتباعدها عن بعضها. وفيما يلى عرض لأبرز أشكال سطح الأرض. وقد قسمت إلى مجموعات على أساس الإختلاف فى الشكل والإنحدار والموقع داخل المنطقة الممثلة على الخريطة.

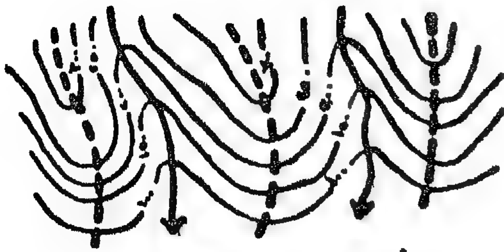
١ - البروز أو النتوء Spur :

يقصد بالبروز إمتداد ظاهر من جانب الجبل أو الهضبة فى الأرض المنخفضة المجاورة. ويظهر على الخريطة الكنتورية على شكل تداخل خطوط الكنتور الأعلى فى منسوبها داخل الخطوط الأقل، أى أن خطوط الكنتور تنحنى لتشير إلى الأرض المنخفضة الأمامية. وللبروز إنحدار طولى على طول محوره وإنحدارين جانبيين إلى الخارج ناحية الأرض المنخفضة التى تقع على جانبيه. وتختلف البروزات فى مظهرها حسب طبيعة تكوينها ومدى إرتفاعها وإمتدادها، ولكن يمكن تصنيفها تبعاً للكتلة المرتفعة الأصلية التى خرجت منها إلى بروز جبلى mountain spur وبرز هضبى plateau spur. كما تصنف البروزات تبعاً للظواهر المجاورة لها فهناك البروزات التى تمتد بين روافد الأودية، وفى هذه الحالة ينحدر سطح الأرض على طول إمتداد البروز نحو مجارى أو محاور هذه الأودية وهو أكثر تعقيداً فى المناطق الجبلية الوعرة شديدة الإنحدار عنه فى الأماكن محدودة الإرتفاع ويسمى ببروز أراضى مابين الأودية interfluve spur. وفى العادة فإن هذا النوع من البروز قد كونته وأظهرته المجارى المائية المنحدرة على الواجهات الجبلية.

وهناك بروزات الإنحناءات النهرية interlocking spur والتى توجد على طول إمتداد المجرى النهرى فى قطاعيه الأوسط والأدنى وترتبط بظاهرة منحدر الإنحناءة النهرية slip - off - slope .



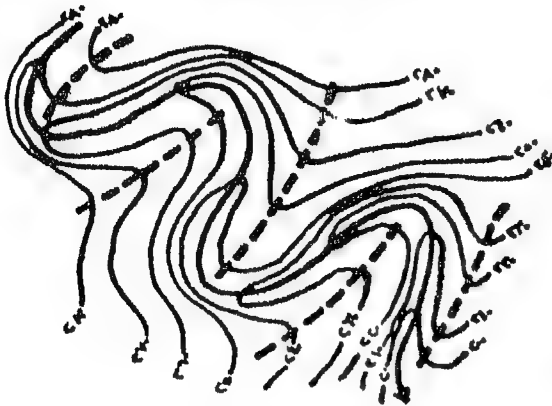
البروز (النتوء) وعناصره



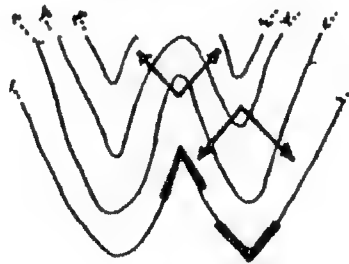
بروز أراضي ما بين الأودية



بروز هضبي



بروز الأودية (بروز الانحناءات النهرية)



الوادي والبروز

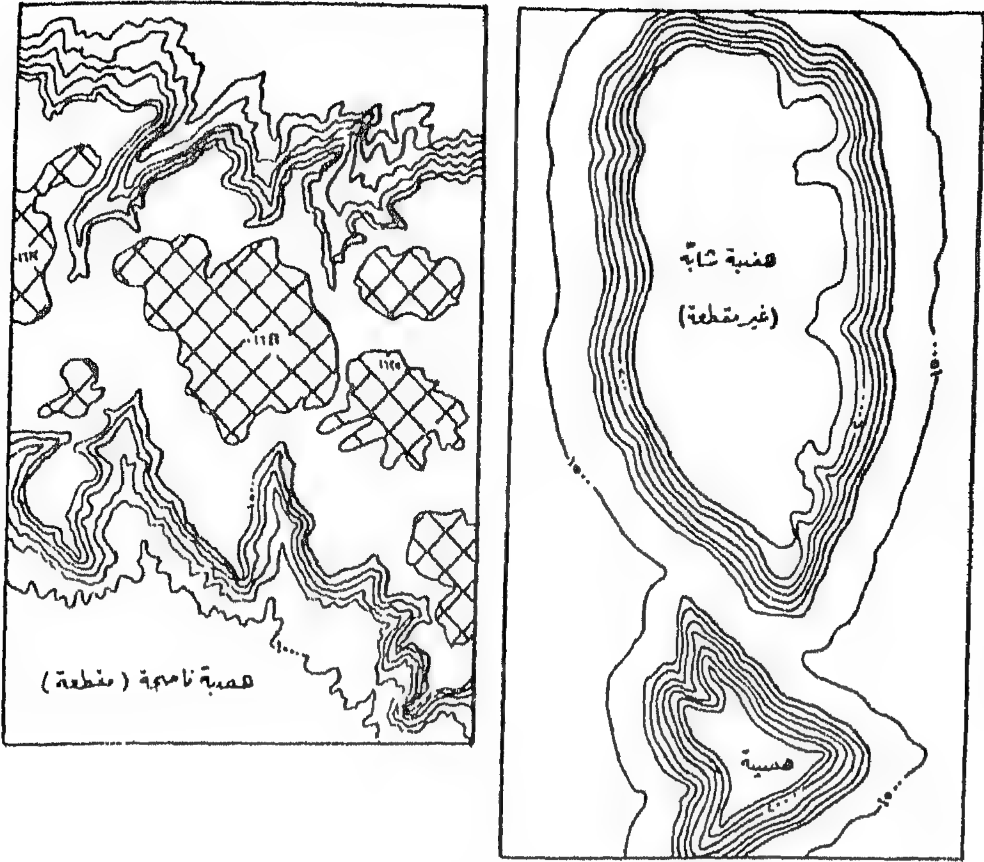
ـ لاحظ أن نقاط تغير اتجاه خطوط كنتور البروزات تشير الى الارض المنخفضة الأمامية، بينما تشير نقاط تغير اتجاه خطوط كنتور الأودية إلى الارض المرتفعة الخلفية (منبع الوادي). ولاحظ أن شكل ⋀ في حالة البروز يشير الى الارض المنخفضة الجانبية، بينما شكل ⋁ في حالة الوادي يشير الى الارض المرتفعة الجانبية (جانبا الوادي).

شكل (٢٢)

ويشبه إنحناء خطوط الكنتور وتداخلها فى بعضه البعض الدالة على ظاهرة البروز تعرجات خطوط الكنتور الدالة على ظاهرة الأودية. لذا يجب العناية بفحص قيم خطوط الكنتور وملاحظة أن إنحناء خطوط الكنتور فى حالة البروزات تشير إلى الأرض المنخفضة، بينما تشير إنحناءات كنتورات الأودية إلى الأرض المرتفعة. (شكل ٢٢).

٢ - الهضاب Plateaus :

تظهر الهضاب على الخريطة على هيئة خطوط كنتور مقفلة تحصر مساحة متسعة نسبياً خالية من خطوط الكنتور، ولكن قد يوجد بها بعض من نقط المناسيب متقاربة القيم، مما يشير إلى أنها منطقة منبسطة السطح أو شبه مستوية أى على منسوب متقارب، وتمثل تلك المساحة سطح الهضبة. أما جوانب الهضبة فتظهر على شكل خطوط كنتور متقاربة تعكس إنحدارها الشديد الذى يشرف على وحدات تضاريسية أخرى عبارة عن منخفضات أو سهول أو هضاب أقل منها إرتفاعاً. ويتحقق هذا الشكل المثالى فى الهضاب الشابة حديثة النشأة. كما تظهر الهضيبات الصغيرة Butts بنفس الشكل. أما الهضاب الناضجة فهى التى قطعتها الأودية النهرية المنحدرة على جوانبها والتى تتراجع بعملية النحت الصاعد نحو المنابع على حساب السطح المنبسط والتى تتعمق فيه، فتظهر مختلطة بالشكل الهضبى. إلا أن الأجزاء المنبسطة محدودة المساحة والمتبقية من السطح الأصلى للهضبة فتبدو على شكل حلقات كنتورية مقفلة على منسوب واحد أعلى من نقط منابع الأودية النهرية. وخطوط الكنتور التى تحدد الهضبة كلها لاتظهر بطبيعة الحال قليلة التعرج كما هو الحال فى الهضاب البسيطة الشابة بل تظهر شديدة التعرج ومتداخلة تبين البروزات الهضبية وبروزات أراضى مابين الأودية المنحدرة على جوانبها والتى قطعت سطحها. كما أن بعض الهضاب قد تمتاز بأسطح ذات إنحدار عام فى إتجاه، ويعرف هذا الإنحدار من ملاحظة قيم نقط المناسيب، وقد يظهر فوق سطح الهضبة عناصر تضاريسية بارزة مثل بعض التلال ذات القمم الواضحة. (شكل ٢٣).



شكل (٢٣)

٤ – التلال Hills :

تظهر التلال على الخريطة الكنتورية على شكل حلقات كنتورية مقفلة تأخذ فى التزايد فى المنسوب تجاه الحلقة الوسطى التى تضم مساحة محدودة تمثل قمة التل. ويمكن تصنيف التلال تبعاً للشكل العام لخطوط الكنتور، فإن كانت تبدو على شكل دائرى تقريباً فتمثل تل مستدير، وإن كانت تبدو على شكل بيضاوى فتمثل تل بيضاوى، وإن كانت تبدو متطاولة إلى حد ما فتمثل تل مستطيل. كما

يمكن تصنيف التلال تبعاً لعدد القمم التى تمثلها الحلقة الكنتورية الداخلية ذات المنسوب الأكثر إرتفاعاً والتى تمثل قمة التل. فإن كانت هناك حلقة كنتورية واحدة فهو تل بسيط أو تل مفرد القمة، وإن كانت هناك حلقتان فهو تل مزدوج وإن كانت هناك أكثر من حلقتين فهو تل مركب. كما يمكن تصنيف التلال تبعاً لنوع منحدرات جوانبها إلى :

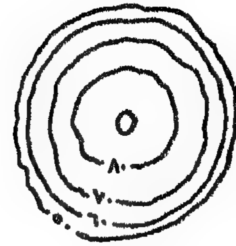
أ - **التل القبابى** : وهو عبارة عن تل منحدرات جوانب محدبة، بمعنى أن سطح الأرض ينحدر إلى كل إتجاه من نقطة تمثل قمة التل على شكل منحدر محدب. وتضم حلقة كنتور القمة مسافة متسعة نسبياً، وهى صفة تميز هذا النوع من التلال. وتظهر خطوط الكنتور الأعلى في مناسيبها متباعدة بينما يزداد تقارب خطوط الكنتور الأدنى بالإتجاه نحو قاعدة التل.

ب - **التل المخروطى** : وهو تل حاد القمة منحدرات جوانب مقعرة، وتضم حلقة كنتور القمة مساحة محدودة للغاية، وتتقارب خطوط الكنتور الأعلى فى منسوبها ثم تأخذ فى التباعد بالإتجاه نحو أسافل التل.

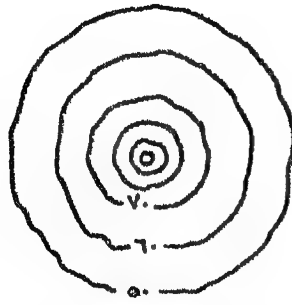
جـ - **التل الهرمى** : وهو تل منحدرات جوانبه منتظمة الإنحدار حيث تتباعد خطوط الكنتور الممثلة لجوانبه بمسافات أفقية متساوية تقريباً من القمة إلى القاعدة.

د - **التل المدرج** : وهو تل منحدرات جوانبه سُلّمية الشكل أى أن خطوط الكنتور تتباعد ثم تتقارب، ثم تتباعد ثم تتقارب وهكذا بالإتجاه من القمة إلى القاعدة. وتشير مجموعات التلال من هذا النوع إلى بنية تتكون من طبقات صخرية أفقية متفاوتة فى مدى مقاومتها لعوامل التعرية.

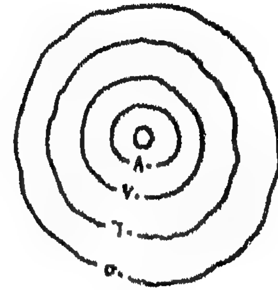
وتظهر التلال عادة على الخريطة الكنتورية فى مجموعات قد تنتظم فى إتجاه معين مما يشير إلى أنها تشترك فى أصل النشأة وفى العمر الجيورمورفولوجى تقريباً. وهناك حالات خاصة من التلال توجد فى مناطق النشاط البركانى الحديث حيث



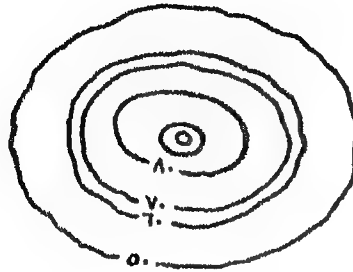
التل القبابي



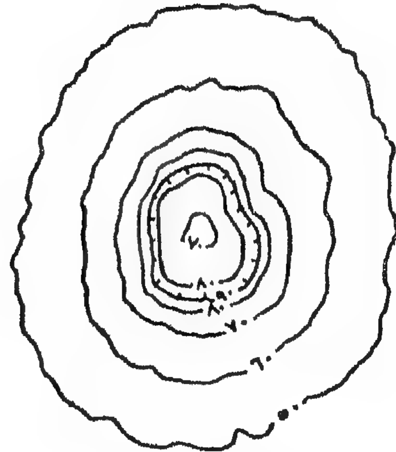
التل المخروطي



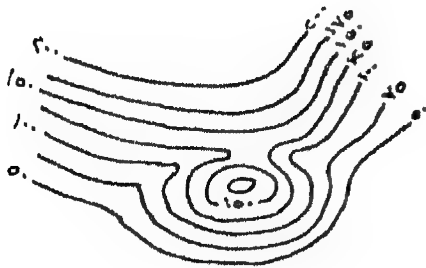
التل الهرمي



التل المدرج



التل المخروطي البركاني
والفوهة البركانية



الرابية

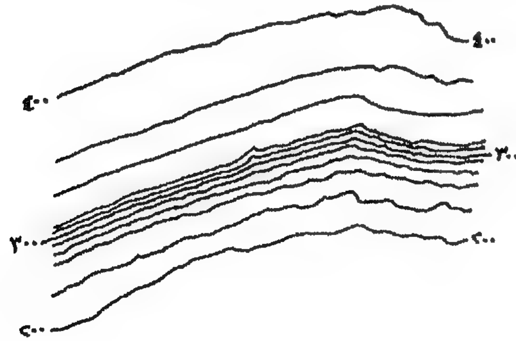
شكل (٢٤) (القمة الكاذبة)

يلاحظ وجود حلقة أو حلقتان كنتوريتان فى الوسط أقل فى منسوبهما من الحلقات المحيطة بهما إلى الخارج، وتشير تلك الكنتورات إلى فوهة التل البركانى.

هـ - **الرابية** : وهى قمة تلّية صغيرة تبدو فوق المنحدرات الجبلية أو الهضبية، وتسمى أحياناً بالقمة الكاذبة. وتظهر على شكل حلقة أو حلقتين كنتوريتين متداخلتين تعترض خطوط الكنتور المتتابعة فى مناسيبها والتى تتزايد بالإتجاه نحو القمة الحقيقية للجبل أو نحو سطح الهضبة والتى تمثل منحدر جانب الجبل أو الهضبة. (شكل ٢٤).

٤ - الجروف Cliffs :

الجرف عبارة عن إنحدار شديد على شكل واجهة جبلية تطل على الأرض المنبسطة المجاورة، ويعلوها إنحدار خفيف إلى أعلى. ويظهر الجرف على شكل خطوط كنتور متقاربة إلى بعضها البعض دليل على الإنحدار الشديد، أما المنطقة خفيفة الإنحدار فتظهر على شكل خطوط كنتورية متباعدة ولكنها تواصل التزايد فى قيمتها فوق خط الكنتور الممثل للحد العلوى للجرف. (شكل ٢٥).



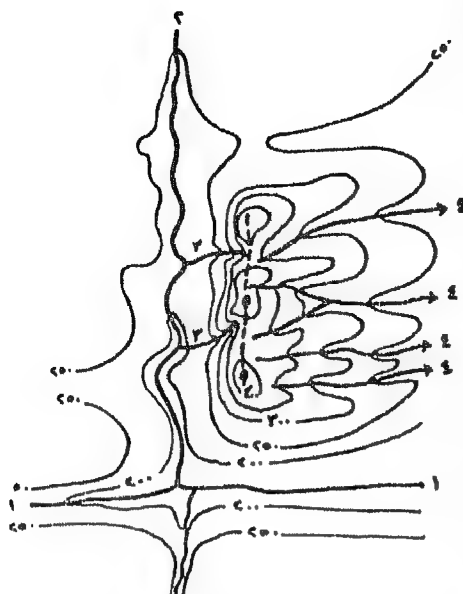
الجرف

شكل (٢٥)

٥ - الكويستات Questa :

وهى عبارة عن إنحدار شديد على شكل واجهة جبلية تطل على الأرض المنبسطة المجاورة، ويعلوها إنحدار خفيف إلى أسفل، ويفصل بين هذين الإنحدارين المتضادين فى الإتجاه خط من القمم المقطعة. ويظهر الإنحدار الشديد على شكل خطوط كنتورية متقاربة إلى بعضها البعض ويسمى بالحافة Escarpment أو واجهة الكويستا Face of Questa. أما الإنحدار الخفيف إلى أسفل فيظهر على شكل خطوط كنتور متباعدة ولكنها تأخذ فى التناقص فى قيمها أى الإنخفاض فى منسوبها بعد خط الكنتور الممثل للحد العلوى للحافة أى بعد خط الكنتور المقفل على نفسه الممثل للقمة أو حلقات الكنتور المقفلة على نفسها والتى تمثل خط القمم. ويسمى هذا المنحدر الخفيف بظهر الكويستا Back of Questa أو منحدر الميل Dip - slope. أما خط كنتور أعلى الحافة أو خطوط الكنتور المقفلة الحلقية الفاصلة بين الواجهة والظهر فتسمى أنف الكويستا Nose of Questa. ويعتبر أنف الكويستا خط تقسيم مياه بين الأودية المنحدرة على الواجهة وتلك المنحدرة على الظهر.

ويرتبط بالكويستا أنواع من الأودية النهرية أو الجافة، وتعرف الأودية التى تنحدر موازية لأسافل الحافة أو واجهة الكويستا بالأودية التالية Subsequent، والأودية التى تنحدر على الواجهة وهى أودية قصيرة شديدة الإنحدار بالأودية العكسية obsequent، أما الأودية التى تنحدر على ظهر الكويستا أو منحدر الميل وهى أودية متوسطة الطول ومتوسطة الإنحدار فتعرف بالأودية التابعة الثانوية secondary consequent أو resequent. ويعرف هذا المظهر التضاريسى كله بطبوغرافية الكويستا Questa topography. وإذا كانت خطوط الكنتور تشير إلى كويستات متتابعة فإن كل كويستا تمتد من وادى تالى إلى الوادى التالى التالى له. ويعرف نظام التصريف المرتبط بالكويستا والذى يتكون من تلك الأنواع الثلاثة من الأودية بنظام تصريف الكويستا. (شكل ٢٦).



--- أنف الكويستا (خط تقسيم المياه بين الأودية ٢، ٤)

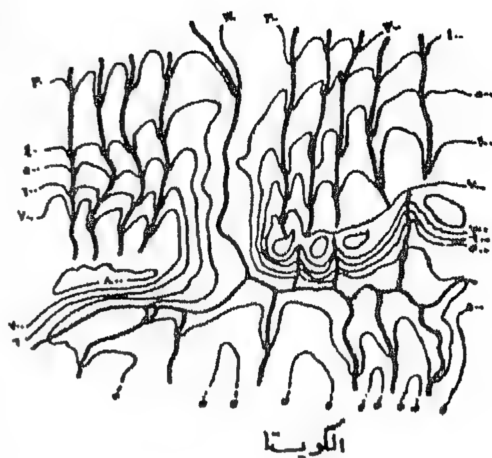
١ وادي تابع أصلي

٢ وادي تالي

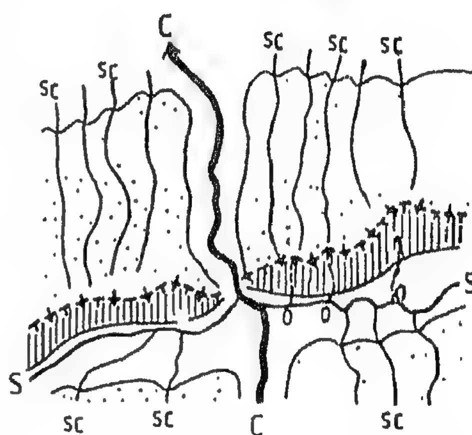
٣ وادي عكسي

٤ وادي تابع ثانوي

الكويستا ونظام تصريف الكويستا



الكويستا



واجهة الكويستا — أنف الكويستا

ظهر الكويستا — C مجرى تابع أصلي

S مجرى تالي — SC مجرى تابع ثانوي

O مجرى عكسي

أجزاء الكويستا وأنواع المجاري المرتبطة بها

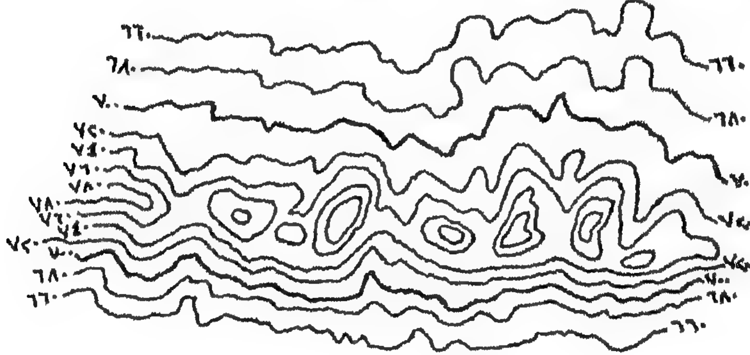


مجسم يبين الكويستا وأجزائها وعلاقتها بالمياه الجوفية والينابيع

شكل (٢٦)

٦ – ظهور الخنازير Hog Backs :

وهي ظاهرة تشبه في شكلها الخارجي وفي عناصرها ظاهرة الكويستا ولكن أصل نشأتها وشروط وظروف تكونها تختلف عن شروط وظروف نشأة الكويستا. تشبه الكويستا في أن لها واجهة ولكنها أقل إنحداراً من واجهة الكويستا، ولاتصل إلى حد الزاوية القائمة التي يمكن أن تكون عليها واجهة الكويستا أحياناً، لذا فإن خطوط الكنتور أقل تقارباً. ولها ظهر ولكنه أشد إنحداراً من ظهر الكويستا لذا فإن خطوط الكنتور أكثر تقارباً من كنتورات ظهر الكويستا. أما الأنف فيبدو على شكل قمة واضحة تمثله حلقات كنتورية أكثر عدداً وأكثر تقارباً. وبذلك تبدو ظهور الخنازير على الخريطة الكنتورية قريبة الشبه بالضلوع الجبلية. ونتيجة لشدة إنحدار عناصرها فإن كنتوراتها أقل تعرجاً وتداخلاً. (شكل ٢٧).



ظهور الخنازير

شكل (٢٧)

٧ – السلاسل الجبلية Moutain chains :

أ – سلاسل جبلية حادة القمة : وهي عبارة عن مجموعة من الجبال المتجاورة المنتظمة على شكل سلسلة ممتدة لمسافات بعيدة ذات منحدرات شديدة على كلا جانبيها، كما أن إتساعها عند القمة يكون ضيقاً أو منعدماً أحياناً.

ويظهر خط كنتور القمة على شكل حلقة لها إمتداد طولى ملحوظ. وقد تشير إلى القمة حلقة كنتورية واحدة أو عدة حلقات متجاورة لايفصلها عن بعضه إلا مسافات محدودة للغاية. أما كنتورات الجانبين فمستقيمة وقليلة التعرج ومتقاربة إلى بعضها بصورة ملحوظة.

ب - **سلاسل جبلية متسعة (مسطحة) القمة** : وهى سلسلة من الجبال تختلف عن النوع السابق باتساع قمتها وظهور بعض القمم المنعزلة، كما أن إنحدار جانبيها قد لايكون شديداً فى بعض الأحيان. وتظهر خطوط كنتور القمة على شكل حلقات تضم مساحات متسعة نسبياً، أما كنتورات الجوانب فتظهر متعرجة إلى حد ما ومتداخلة حيث تنحنى خطوط الكنتور الأقل فى منسوبها داخل خطوط الكنتور الأعلى ولكن بدون تعمق فى المنطقة المرتفعة. وتتباعد خطوط الكنتور عن بعضها بمسافات متوسطة بصفة عامة.

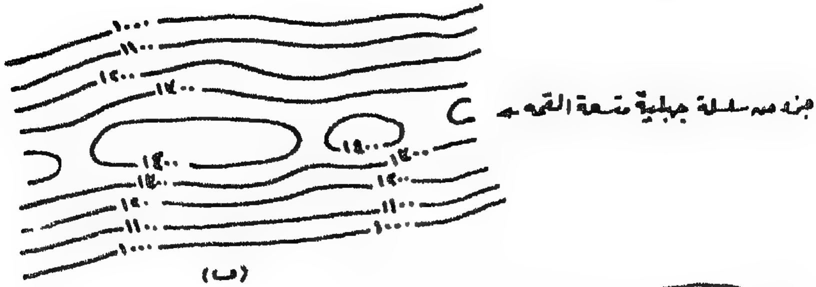
جـ - **السلاسل الجبلية المقطعة** : وهى عبارة عن مجموعة من القمم المنعزلة التى تمتد فى إتجاه واحد وتختلف فى إتساعها وإرتفاعها ودرجات إنحدار جوانبها ولكن تضمها قاعدة واحدة. وتظهر القمم على شكل حلقات كنتورية متتابعة وتضم الحلقة الوسطى مساحة متسعة نسبياً. أما الرصيف الجبلى الذى تبرز فوقه تلك القمم المنعزلة فتمثله خطوط كنتور شديدة التعرج والتداخل تشير إلى ظواهر مختلفة مثل الثغرات والأودية والخوانق والممرات والمضايق والسروج.

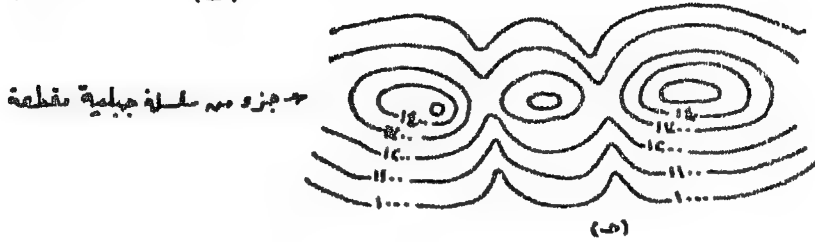
د - **الجبال ذات القمم الهرمية** : تتشكل الجبال الهرمية فى المناطق التى كانت متأثرة بفعل الجليد والظروف المناخية المصاحبة له، فهى البقية الباقية من المناطق الجبلية المرتفعة التى كان يتجمع ويتراكم فوقها الجليد مكوناً حقلاً جليدياً ضخماً، حيث تنزلق منه السنة جليدية تنحت رأسياً فى جسم تلك المنحدرات وتكون عند أسفل المنحدر الجبلى حوضاً صخرياً منخفضاً عن المناطق

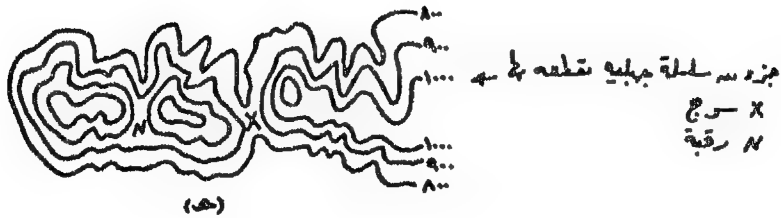
المجاورة يعرف باسم الحلبة الجليدية Cirque. وقد تتكون فى قاع الحلبة بحيرة دائرية الشكل تعرف باسم بحيرة الحلبة الجليدية cirque lake. وفى الواقع ينساب من الحقل الجليدى عدة ألسنة جليدية متجاورة ينحت كل لسان حلبته، ومع إستمرار عملية النحت الرأسى والتوسيع الجانبى تنمو الحلبة جانبياً على حساب المنحدر الجبلى كما تتراجع نحو الخلف ناحية الأرض المرتفعة التى يتراكم فوقها الحقل الجليدى. ونتيجة لهذا النمو الجانبى تظهر ظاهرة السيوف أو الضلوع الجبلية Arêtes وهى البقية الباقية من المنحدرات التى كانت تفصل بين مسارات الألسنة الجليدية عن بعضها. ونتيجة للتراجع الخلفى للحلبات على حساب الأرض المرتفعة تظهر ظاهرة الجبال الهرمية materhorn تتصف جوانبها بشدة الإنحدار والوعورة والتى يبرز منها السيوف الجبلية. ولذلك يلاحظ عادة تواجد الظواهر الثلاث مع بعضها.

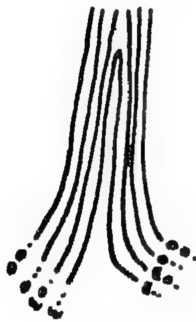
وتظهر خطوط كنتور القمة الهرمية على شكل حلقات تمتد منها أذرع تمثل السيوف الجبلية حيث تتداخل الكنتورات المرتفعة فى الكنتورات الأقل منها فى المنسوب أى على شكل بروزات حادة حيث تتقارب خطوط الكنتور. وتفصل تلك البروزات بين مناطق حوضية منخفضة هى الحلبات الجليدية التى تمثلها خطوط كنتور متداخلة. (شكل ٢٨).

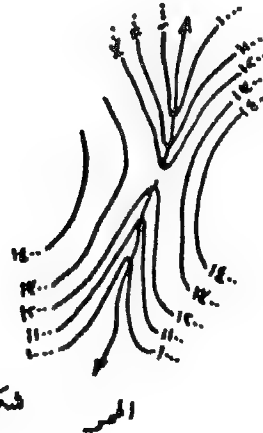

جزء من سلسلة جبلية حادة القمة
(أ)


جزء من سلسلة جبلية متسعة القمة
(ب)

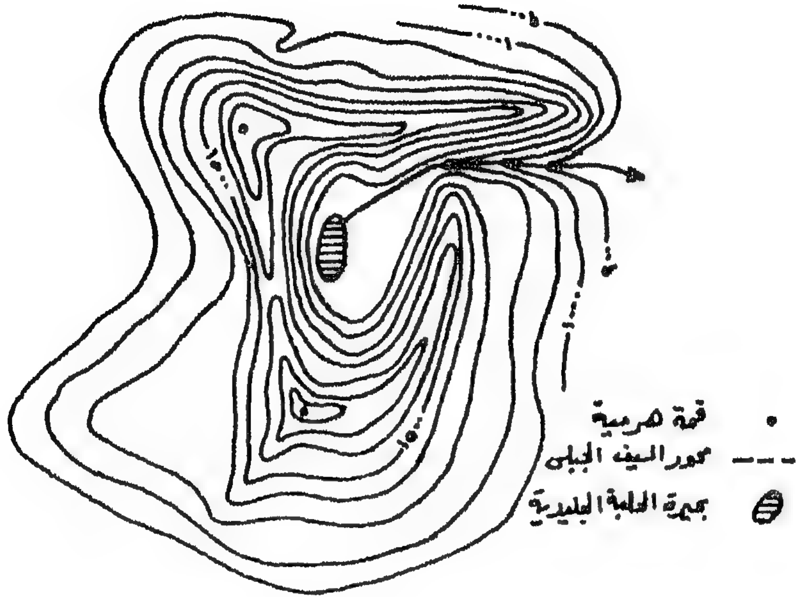

جزء من سلسلة جبلية مقطعة
(جـ)


جزء من سلسلة جبلية متقطعة بها
X سرج
N رقبة
(هـ)


الخانق


الممر

شكل (٢٨)





مراحل تكوّن السيوف أو الضلوع الجبلية Arêtes (A) والقمة الهرمية (H) بالتراجع الخلفي والاتساع الجانبي للحلبات الجليدية (C).

(تابع) شكل (٢٨)

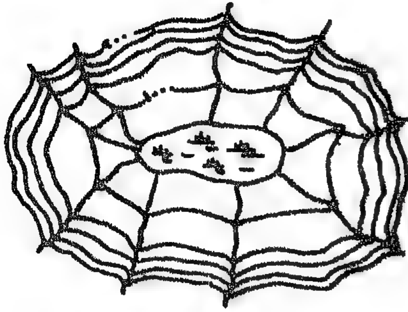
٨ – الأحواض Basins :

الحوض Basin عبارة عن منخفض Depression ترتفع جوانبه فى جميع الجهات وتنحدر سفوحه نحو منطقة منخفضة فى وسطه. ويتباين شكل الحوض وإتساعه تبعاً لظروف نشأته ومرحلة تطوره. وتظهر الأحواض على الخريطة الكنتورية بنفس الهيئة التى تظهر بها التلال، فهى تظهر على شكل حلقات كنتورية مقفلة ولكنها تتناقص فى مناسيبها نحو الحلقة الكنتورية الوسطى التى تمثل قاع الحوض وتتزايد نحو الجوانب. ويمكن تصنيف الأحواض تبعاً للشكل العام لخطوط الكنتور، فإن كانت تبدو على شكل دائرى تقريباً فالحوض دائرى، وإن كانت تبدو متطاولة فالحوض طولى. كما يمكن تصنيف الأحواض تبعاً لنوع منحدرات جوانبها إلى :

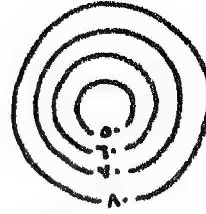
أ – **الحوض قمعى الشكل** : وهو حوض جوانبه منتظمة الإنحدار وقاعه محدود الإتساع، وتمثله خطوط كنتور حلقية تتباعد عن بعضها بمسافات أفقية متساوية تقريباً، وتأخذ فى الإنخفاض فى المنسوب نحو حلقة الكنتور الوسطى التى تضم مساحة محدودة الإتساع تمثل قاع الحوض.

ب – **الحوض مفلطح الشكل** : وهو حوض جوانبه مقعرة الإنحدار وقاعه متسع، وتمثله حلقات كنتورية تتقارب من بعضها البعض فى مناسيبها العليا وتتباعد فى مناسيبها الدنيا عند قاع الحوض الذى تمثله حلقة كنتورية وسطى تضم مساحة متسعة. وقد تنحدر بعض خطوط التصريف على الجوانب وتنصرف فى قاع الحوض الذى تشغله عادة بركة قد تكون موسمية يحل محلها فى الفصل الجاف سبخة.

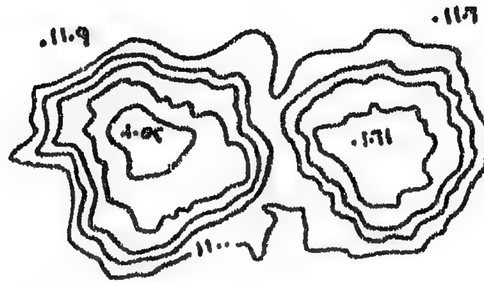
جـ – **الأحواض الكارستية** : وهى أحواض تنشأ فى مناطق صخور العائلة الكلسية التى تتميز بالسمك الضخم وكثرة الشقوق والفواصل مثل الحجر الجيرى والدولوميت والتى تسقط عليها كمية غزيرة من الأمطار. وتنشأ بفعل الإذابة والتحلل الرأسى البطئ وتسمى ببالوعة الإذابة Solution sinks. وقد تنشأ نتيجة سقوط الصخر فوق تجويف باطنى تكون نتيجة الاذابة أيضاً وتسمى ببالوعة الانهدام Collapse sinks. ويستخدم تعبير دولينا Doline للتعبير عن كلا النوعين. وهناك نوع ثالث يعرف بوعاء الإذابة Solution pan وهو عبارة عن حوض ضحل يشغل مساحة كبيرة، وقد يوجد فى قاعه دولينات. (شكل ٢٩).



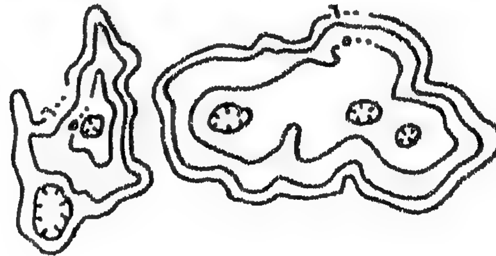
منخفض حوضى على شكل سلطانية



حوض قمعى الشكل



منخفض مركب سطحى الشكل يظهر فى قاعه منخفضات شبه دائرية



حوض كارستى تظهر فى قاعه دولينات

شكل (٢٩)

٩ – الأودية والظاهرات المصاحبة لها :

الوادى هو المنطقة المنخفضة ذات الإمتداد الطولى التى تظهر قاطعة للهضاب والمرتفعات ومتشعبة فيها.

أ – **الوادى النهـرى River Valley** : يدل على الوادى النهـرى خطوط كنتور متداخلة فى بعضها البعض بحيث ينحنى خط الكنتور الأدنى داخل خط

الكنتور الأعلى، أى أن خطوط الكنتور تنحنى لتشير نحو المنابع أو الأرض المرتفعة. ولذا يطلق عليها أحياناً الخطوط المنعكسة، ومن ثم يمكن من أول لمحة للخريطة الكنتورية التعرف على الأودية من إتجاه رؤوس خطوط كنتوراتها، وكذلك إذا كان هناك خط يدل على المجرى الذى يجرى فى قاعها. أما إذا لم يوجد الخط الدال على المجرى النهرى فيمكن تحديده بصورة تقريبية عن طريق توصيل نقط تغير إتجاه خطوط الكنتور بخط متعرج متصل.

ب - **الوادى الجاف** Dry Valley : ويبدو لأول وهلة على الخريطة وكأنه بروز جبلى لأن خطوط الكنتور تبدو متشابهة فى كلا الحالتين خاصة وأنه لايوجد مجرى ينحدر فى قاع الوادى وبالتالى لايجود الخط الدالى عليه. ويجب فى هذه الحالة فحص قيم خطوط الكنتور بعناية، وملاحظة أن خطوط كنتور هذا الوادى الجاف تتداخل وتنحنى نحو الأرض الأكثر إرتفاعاً تماماً كما فى حالة الوادى النهرى. ولكن يلاحظ أن درجة إنحناء خطوط كنتور الوادى الجاف عند نقط تغير الإتجاه أقل من درجة إنحناء رؤوس كنتورات الوادى النهرى. ويرسم مجرى الوادى الجاف أو محوره على شكل خط مقطع.

جـ - **الوادى الجليدى** Glacier : تشبه خطوط الكنتور الدالة عليه كنتورات الوادى النهرى من حيث تداخل خطوط الكنتور الأقل فى منسوبها نحو خطوط الكنتور الأعلى. ولكن يميزه أن خطوط الكنتور تظهر شبه مستقيمة عند نقط تغير الإتجاه، كما تظهر متباعدة فى القاع ومتقاربة على الجانبين. وتظهر خطوط كنتور جانب الوادى مستقيمة عند مقدمات أراضى مابين الأودية كما لو كانت مجدوعة، وهذه الصفة تميز الوادى الجليدى.

د - **الوادى الغائر** Sinking creek : وهو قطاع أو جزء جاف dry bed من وادى نهرى، ،ويرجع جفافه إلى تحول المياه السطحية إلى مسالك جوفية، وتسمى النقطة التى يتحول عندها النهر من مجرى سطحى إلى مسلك أرضى بنقطة الغور sink، وهى على هيئة بالوعة Swallow hole. وقد تعاود المياه الغائرة الظهور فى صورة مجرى سطحى عند حفرة شبه دائرية تسمى حفرة (نقطة) الإنبثاق Rise

pit. وتظهر خطوط الكنتور هذا النوع من الأودية بنفس الطريقة التى يظهر بها الوادى النهرى، ولكن فى قطاعه الغائر يبدو وادياً جافاً بدءاً من نقطة على الخريطة هى نقطة الغور. ويلاحظ عادة على الخريطة الكنتورية أن الأودية الرئيسية الكبرى لايختفى جزء منها تحت سطح الأرض ولكن روافدها التى كانت تتصل بها أصبحت تنتهى بعيداً عنها وتختفى عند نقطة الغور. وقد يلاحظ وجود روافد قصيرة تتصل بالمجرى الرئيسى عند قاع الوادى ومصدر مياهها هى المياه العائدة إلى سطح الأرض عن طريق ينابيع تسمّى Rises أو Resurgences .

هـ - **الوادى المعلق** Hanging Valley : وهى ظاهرة تنتشر فى الأودية الرافدية التى تنتهى فى وادى رئيس تأثر بفعل الجليد، كما تظهر فى أودية المناطق الجافة، وفى بعض الأودية التى تنصرف إلى مستوى القاعدة العام فى مناطق الجروف الساحلية المتأثرة بحركات الرفع البطيئة. والوادى المعلق هو الوادى الذى يرتفع قاعه فى منطقة المصب عن مستوى قاعدته بفرق منسوب ملحوظ. وتظهر خطوط كنتور جانب الوادى الرئيسى فى منطقة إتصال الرافد المعلق به غير منثنية نحو منبع الرافد بل تستمر فى إمتدادها الطبيعى.

و - **خط تقسيم المياه** Divid : وهو الخط الذى يمر بأعلى منسوب فى المنطقة على أطراف المنابع العليا للأودية والمجارى المائية محدداً حوض كل منها حيث تتوزع المياه الساقطة على هذا الخط وتنحدر فى إتجاهين مختلفين أو فى إتجاهات مختلفة.

ز - **مساقط المياه** Water falls : يوجد المسقط المائى على المجرى النهرى، وهو عبارة عن جزء من المجرى يعتبر نسبياً أشد إنحداراً من الجزء الذى يعلوه ناحية المنبع والجزء الأدنى منه ناحية المصب، وبذلك تسرع عنده مياه النهر فتزداد قوته ومقدرته على النحت والحمل. وتوجد المساقط على المجرى نتيجة عوامل عديدة لعل من أهمها :

- إختلاف نوع الصخر ونظامه على طول المجرى.

- تأثر بعض أجزاء المجرى بالحركات التكتونية.

- تغير كمية المياه التى تصل إلى أجزاء المجرى المختلفة.

- تغير الظروف المناخية.

- تأثر الوادى بعوامل تعرية أخرى غير النهرية.

- إنخفاض مستوى القاعدة اللذى ينتهى إليه النهر.

وعلى الرغم من تعدد تلك العوامل التى تؤدى إلى نشأة المساقط المائية إلا أن مظهرها وشكلها الخارجى تتشابه كلها فى صفة أساسية هى سرعة إنحدار (جريان) المياه. وتنعكس شدة الإنحدار هذه فى صورة تقارب خطوط الكنتور من بعضها عند عبورها المجرى من جانب إلى الجانب الآخر.

ح - الإنحناءات النهرية River meander : يعتبر التعرج السمة الغالبة فى المجارى المائية ، ويرجع أصل نشأتها إلى عوامل عديدة مازال بعضها موضع دراسة وتجريب وتقنين. وتختلف الإنحناءات فى شكلها من مجرد تعرج بسيط إلى تعرج واسع إلى تعرج متعمق إلى أشكال عديدة من التعرج والإنثناء.

وتتخذ خطوط الكنتور المرتبطة بالإنحناءة النهرية أشكالاً مختلفة، فتكون موازية لمجرى النهر وقريبة منه، وفى نفس الوقت متقاربة إلى بعضها البعض على جانبى المجرى كما فى الإنحناءات النهرية المتعمقة Incised meanders ، وقد يلاحظ وجود حلقات كنتورية مقفلة فى بطن الإنحناءة. وتكون متقاربة على الجانب المقعر للإنحناءة دليل على الإنحدار الشديد الذى يعرف فى هذه الحالة بحافة الإنحناءة النهرية River bluff ، ومتباعدة على الجانب المحدب للإنحناءة حيث تشير إلى الإنحدار الخفيف الذى يسمى بمنحدر الإنحناءة النهرية Slip-off slope. وقد يهجر المجرى النهرى الإنحناءة النهرية ولكن تظل خطوط الكنتور تشير إليها.

ط - **قاع الوادى Valley Floor** : يختلف اتساع قاع الوادى، فهو أحياناً ضيق وتتقارب خطوط كنتور جانبا الوادى من خط المجرى بصورة ملحوظة وتتقاطع خطوط الكنتور مع خط المجرى على مسافات قصيرة. وعادة مايلاحظ أن خط المجرى يتسم بالقرب من الإستقامة وقلة التعرج. وأحياناً يتسع قاع الوادى وتبتعد خطوط الكنتور عن خط المجرى ولا تتقاطع معه إلا على مسافات متباعدة. ويظهر خط المجرى على شكل إنحناءات واسعة، ويلاحظ أن إتساع القاع يتفق مع إتساع الإنحناءة أو نطاق الإنحناءة. وأحياناً يظهر القاع فسيح الإتساع، وتبتعد خطوط كنتور جانبا الوادى عن خط المجرى بمسافات أفقية كبيرة. وفى نفس الوقت فإن خطوط كنتور جانب الوادى تظهر متباعدة وتشير إلى بطء إنحدار الجانبين. وتتقاطع خطوط الكنتور مع المجرى على مسافات متباعدة ويظهر خط المجرى على شكل إنحناءات شديدة التعرج، وإتساع الإنحناءة أقل بكثير من إتساع قاع الوادى. كما تظهر على الخريطة الكنتورية متوسطة أو كبيرة المقياس ظاهرة البحيرات المقتطعة Ox - bow lakes على جانبى خط المجرى.

ى - **مصاطب الأودية Valley terraces** : توجد المصاطب على جانبى الوادى، وهى عبارة عن أجزاء مستوية أو قريبة من المستوية أى بطيئة الإنحدار يحدها من الخلف إنحدار شديد إلى أعلى يعرف بمؤخرة المصطبة، ومن الأمام إنحدار شديد إلى أسفل ويعرف بمقدمة المصطبة، أما الأجزاء خفيفة الإنحدار والتى بين المؤخرة والمقدمة فتعرف بسطح المصطبة. وترجع نشأة مصاطب الأودية إلى عوامل عديدة منها :

- إختلاف نوع الصخر ونظامه.
- تأثر الوادى بحركات تكتونية.

- تأثر الوادى بعامل آخر من عوامل التعرية غير التعرية النهرية فى فترة سابقة من الفترات الجيولوجية.

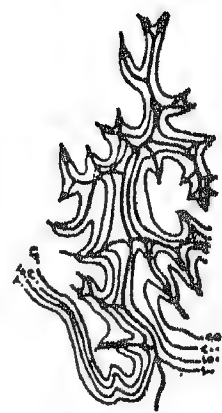
- إختلاف الظروف المناخية.

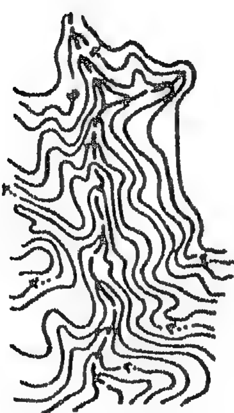
- هبوط مستوى قاعدة المجرى النهرى.

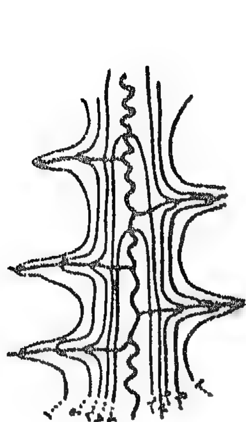
وأيا كان عامل نشأة المصطبة إلا أن شكلها ومظهرها الخارجي متشابه. وقد تمتد المصاطب على جانبي الوادى لمسافات طويلة نسبياً دون إنقطاع فيبدو جانب الوادى الوادى على شكل منحدر سلمى، وقد تتقطع المصاطب وتظهر على شكل ربوات مبعثرة على طول جانبي الوادى ولكنها فى الغالب تبدو كمظهر تضاريس متصل.

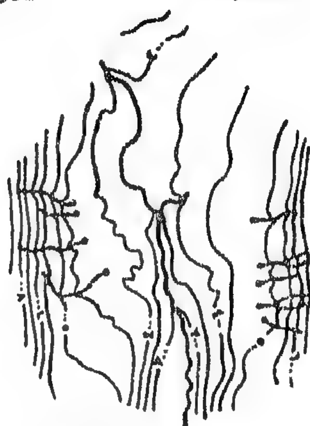
وينعكس الإنحدار الخفيف الذى يمثل سطح المصطبة على الخريطة الكنتورية بتباعد خطوط الكنتور عن بعضها بمسافات فسيحة نسبياً، أما المنحدرات الشديدة التى تمثل مؤخرة المصطبة أو مقدمتها فتظهر على شكل خطوط كنتور متقاربة إلى بعضها البعض.

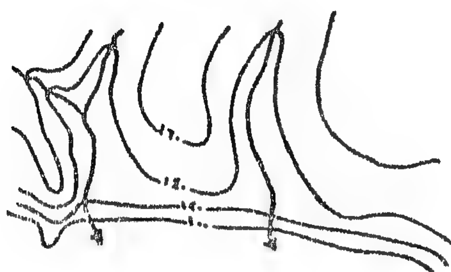
ك - **أنماط التصريف** Driange patterns : تصنف شبكات التصريف المائى إلى أنماط تلقى ضوء على خصائص البنية من حيث كونها بنية بسيطة أو أفقية الطبقات ضعيفة المقاومة لعمليات التعرية النهرية أو قوية، ومن حيث صخورها مسامية أو منفذة أو كتيمة. وتصنف نظم التصريف إلى تصريف شجرى، وتصريف متشابك، وتصريف مستطيل، وتصريف مركزى وآخر متشعع، وتصريف حلقى وتصريف معكوس (مسنن)، وغيرها من النظم المختلفة. ويمكن التعرف على تلك النظم من واقع فحص ودراسة خطوط المجارى المائية على الخريطة الكنتورية. (شكل ٣٠).

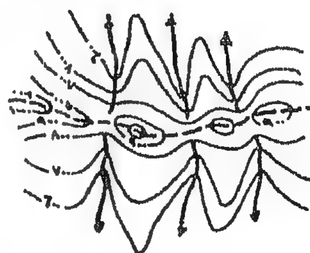

أ- وادى نهرى


ب- وادى جاف


حـ- وادى جليدى
وأودية جانبية معلقة


د- أودية غائرة
• نقطة الغور


هـ- أودية معلقة

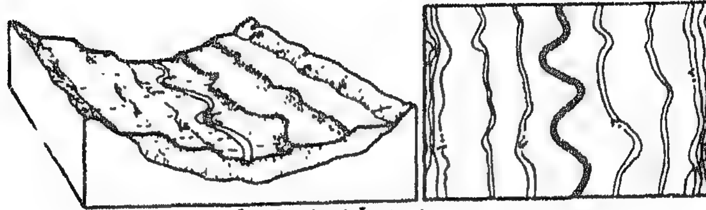

و- خط تقسيم المياه


ز- المواطن الكهفية
وخطوط تقسيم المياه بينها

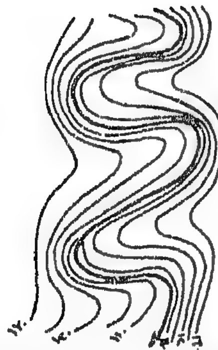
شكل (٣٠)



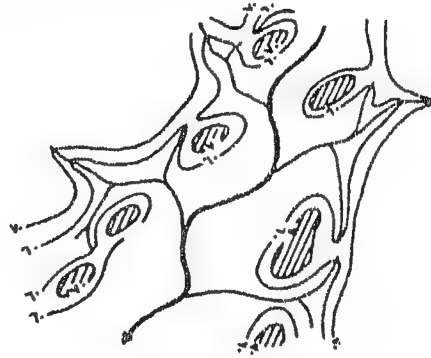
ف - المسقط المائي أو نقطة التجديد على مجرى النهر أو محور الوادي الجاف



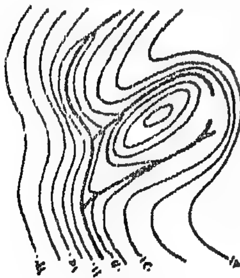
ك - المصاطب النهرية (مصاطب الأودية).



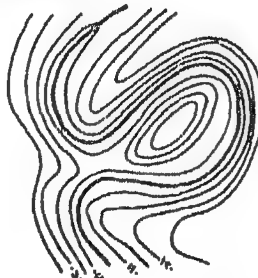
ح - الانحناءة النهرية - لاحظ اختلاف انحدار السطح على الجانبين



ى - مصاطب نهرية متقطعة

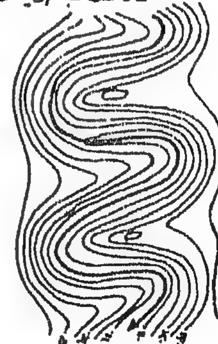


(٢)



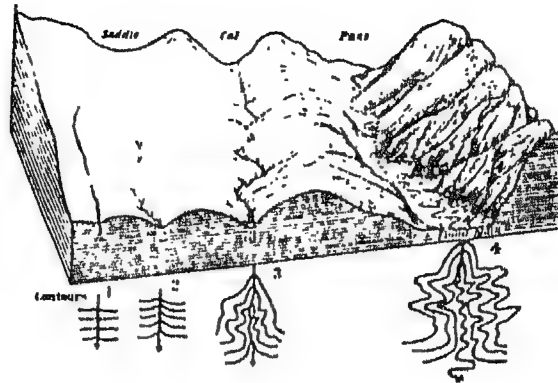
(١)

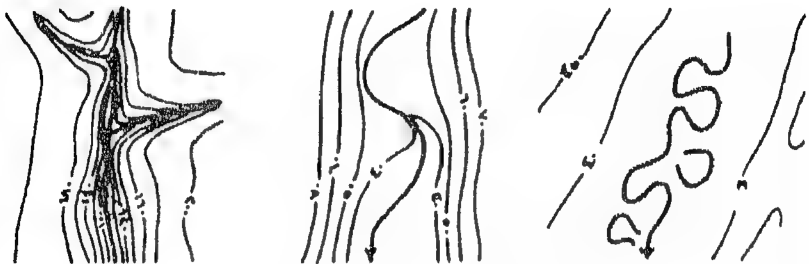
ح - تكون الانحناءة النهرية المهجورة



ح - الانحناءة النهرية المتعمقة - لاحظ تماثل انحدار السطح على جانبي المجرى.

(تابع) شكل (٣٠)

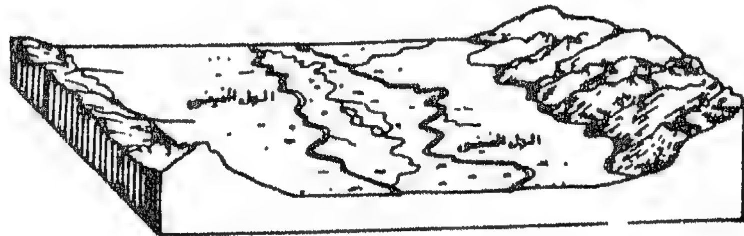


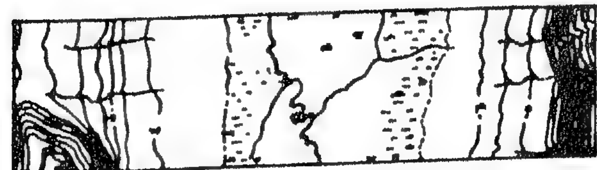


ط - قاع متسع وتظهر فيه الالتواءات النهرية والبحيرات المقتطعة

ط - قاع متوسط الاتساع

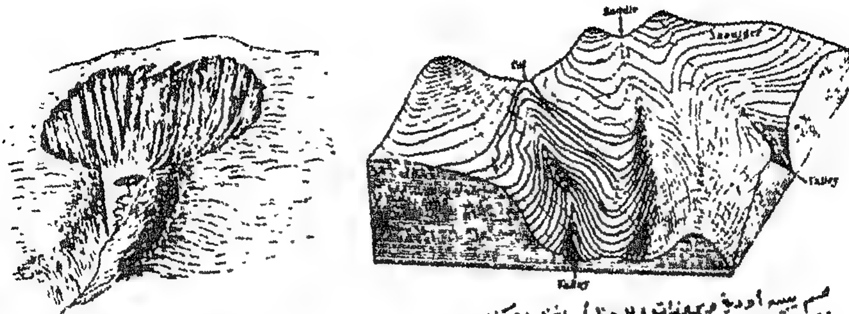
ط - قاع ضيق



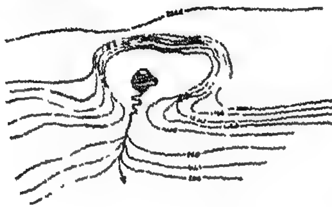


ط - الوادى النهرى بالقرب من منطقة المصب - لاحظ اتساع السهل الفيضى بحوالى كنتور ٢٥٠ على الجانبين.

(تابع) شكل (٣٠)



مجسم يبين أودية وجهنات ، ولاحظ أن انحناءات كنتورات الأودية تشير إلى المنابع ، وكنتورات الجهنات تشير إلى الأقسام المنخفضة الأرضية



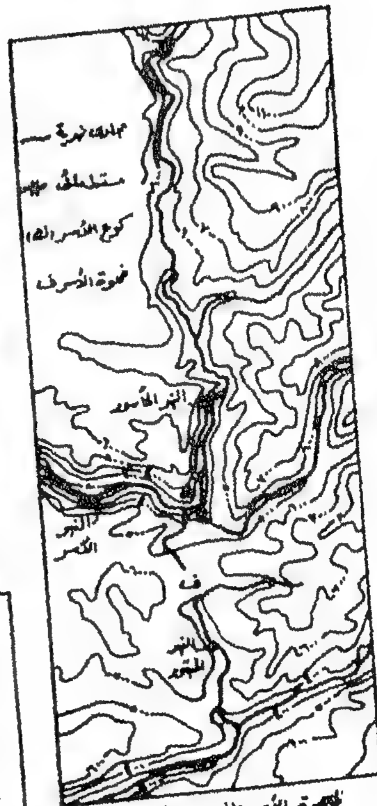
مجسم يبين الحلبة الجليدية وبحيرة الحلبة



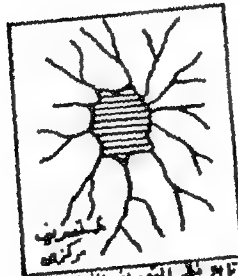
مجسم يبين ظاهرة الأسر النهري

(أ) قبل الأسر

(ب) بعد الأسر

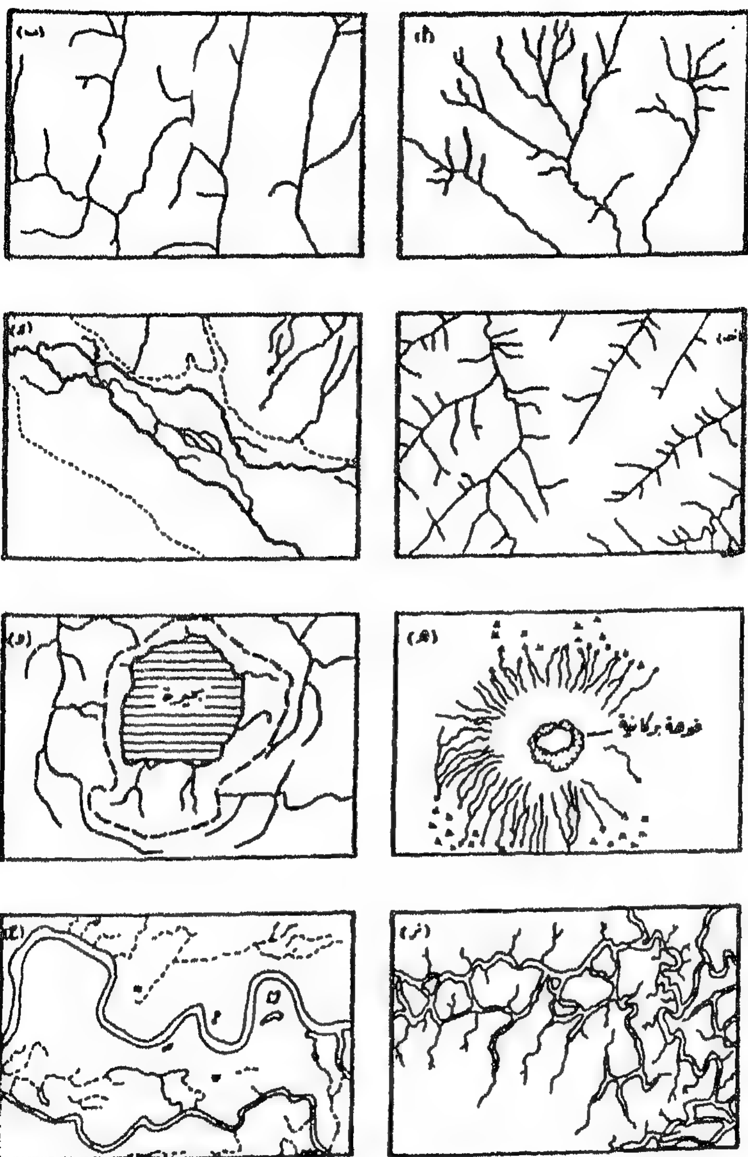


ظاهرة الأسر النهري وعناصرها



تابع نظم التصريف النهرية

(تابع) شكل (٣٠)

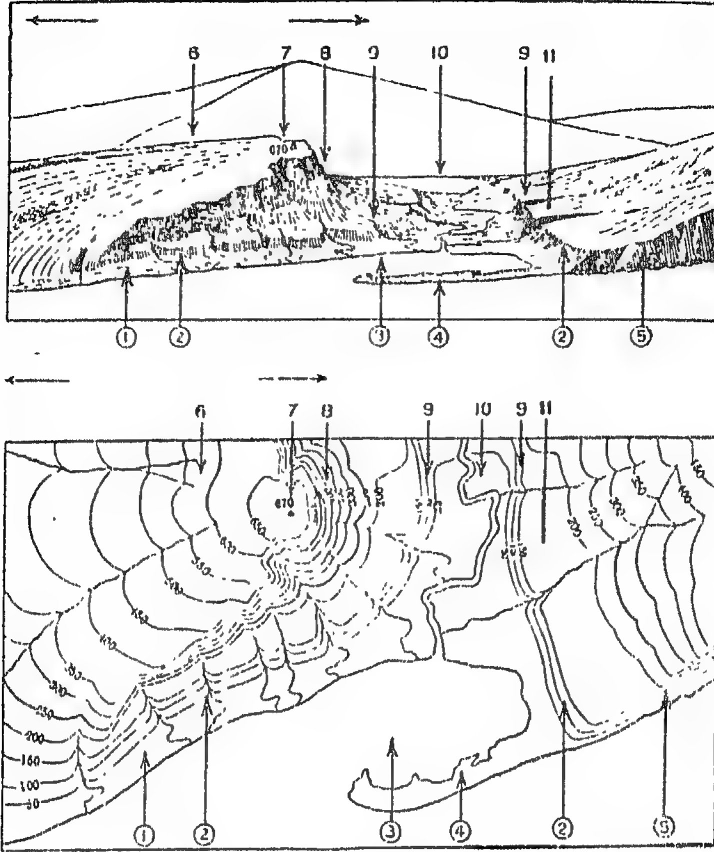


ك- نظم التصريف النهرى

أ- تصريف شجرى
ب- " مستطيل
هـ- " متشعع
ز- " مشوش

جـ- تصريف متشابك
د- " مضفر
و- " حلقى
ح- " تقطع واتصال

(تابع) شكل (٣٠)



مجسم يبين مجموعة من الظاهرات والخريطة الكنتورية التي توضحها

١- سهل ساحلي ضيق.
٢- واجهة مصطبة.
٣- لاجون (بحيرة ساحلية).
٤- لسان بحري.
٥- جرف بحري.
٦- ظهر الكويستا (منحدر الميل).
٧- أنف الكويستا.
٨- واجهة الكويستا (الحافة).
٩- أودية رافدية خانقية عند اختراقها واجهة المصطبة المطلة على السهل الفيضي.
١٠- سهل فيضي والمجرى به انعطافات نهرية.
١١- مصطبة.

(تابع) شكل (٣٠)

١٠ – تعرجات خط كنتور الساحل (صفر) والظاهرات المرتبطة به:

يفصل خط كنتور صفر على الخريطة الكنتورية بين اليابس والماء. ويعتبر خط كنتورصفر خط كنتورى حسابى غير موجود فى الطبيعة، فهو ينتج من حساب متوسط حركة سطح البحر إنخفاضاً وإرتفاعاً. فعند إجراء ميزانية مسلسلة دقيقة من الروبيرات القريبة من البحر للوصول إلى نقطة منسوبها صفر، يلاحظ أن هذه النقطة قد تكون بعيدة عن البحر أى أنها أعلى من منسوب سطح الماء، أو تكون على قاع البحر أى أنها تحت منسوب سطح الماء. وترجع حركة سطح البحر إرتفاعاً وإنخفاضاً إلى عوامل مختلفة منها :

- الحركة الرأسية البطيئة لقاع البحر أو يابس الأرض إرتفاعاً وإنخفاضاً، وهى نتيجة الحركة الرأسية التوازنية (الأيزوستاسية) لقشرة الأرض.
- حركة مستوى سطح البحر نتيجة الإختلاف فى الظروف المناخية الفصلية وهى حركة طفيفة ولكنها تؤثر فى التحديد الدقيق لمستوى سطح البحر.
- حركة الأمواج والتيارات الساحلية والمد والجزر.
- أدى الإرتفاع الطفيف فى درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض نتيجة تزايد غازات أول وثانى أكسيد الكربون، والغازات الكبريتية والغازات الكلوروفلوروكربونية إلى إنصهار كميات ضخمة من جليد المناطق القطبية وإنصارفها إلى البحار المجاورة مما أدى إلى إرتفاع محسوس فى مستوى سطح البحر العالى يمكن قياسه عند تحديد مستوى الصفر لإجراء الميزانيات الدقيقة لتثبيت نقط روبير جديدة أو تصحيح وتعديل مناسيب نقط الروبير القديمة.

ويلاحظ من تعرج خط كنتور صفر على الخرائط الكنتورية الظاهرات التالية:

أ – **الرؤوس الأرضية** : وهى عبارة عن بروز أو نتوء من اليابس داخل البحر، ويظهر على شكل إنحناء خط كنتور صفر وتداخله فى المسطح البحرى. وعادة

يلاحظ تعرجات أخرى صغيرة فى خط الصفر المتداخل فى البحر. وفيما بين تلك الرؤوس الأرضية توجد الخلجان.

ب - **الألسنة البحرية Spits** : وهى أصغر حجماً من الرؤوس الأرضية وتظهر على شكل لسان رفيع طويل نسبياً. وهى عبارة عن تكوين رملى يمتد من الأرض اليابسة فى مياه البحر. ومصدر الرمال المنطقة الساحلية المجاورة التى يمتد منها والتى تجرفها التيارات البحرية الساحلية السائدة وتفرشها أمام الساحل، وبتوالى هذه العملية ينمو اللسان طولياً ورأسياً حتى يبرز فوق سطح البحر. ويظهر اللسان البحرى على الخريطة الكنتورية حيث يمتد خط كنتور صفر فى البحر على شكل إصبع طويل، وقد توجد فوقه بعض الحلقات الكنتورية الصغيرة. وينحصر هذا اللسان البحرى بينه وبين الأرض اليابسة جزء من مياه البحر على شكل بحيرة مفتوحة من جانب تعرف باسم البحيرة الساحلية Lagoon .

جـ - **الخطاطيف البحرية Hooks** : تنتهى الألسنة البحرية عادة بطرف مدبب، ولكن بعضها ينتهى بقوس على شكل خطاف Hook، وقد يتكون أكثر من خطاف فيبدو اللسان البحرى مشرشراً barbed. ويساعد فى تكوين الخطاف ضعف التيار البحرى حيث لايستطيع الإحتفاظ بدفع اللسان البحرى فى خط مستقيم، وبهذا ينحرف طرف اللسان نحو اليابس مرة أخرى ويكوّن خطافاً. وقد يتصل طرف الخطاف بالأرض اليابسة وتصبح البحيرة الساحلية مغلقة سرعان ماتجف. ولايختلف شكل خط كنتور الصفر الذى يبين الخطاف البحرى عن الشكل الذى يبين اللسان إلا فى إنحناء طرفه الخارجى نحو اليابس.

د - **الحواجز الساحلية Coastal bars** : يظهر الحاجز البحرى على شكل أرض جزرية تحصر بينها وبين الكتلة اليابسة بحيرات ساحلية واسعة طولية الشكل. وقد تظهر الحواجز قصيرة غير متصلة، وقد تظهر متصلة على شكل جزيرة تمتد موازية للساحل لمسافات بعيدة. والحاجز البحرى جسم رملى إرسابى تكون على طول خط تقابل الأمواج العائدة إلى البحر والتى تحمل المفتتات التى جرفتها من اليابس مع الأمواج القادمة من البحر صوب اليابس، وعلى طول هذا الخط تنشط

عملية الإرساب نتيجة ضعف الأمواج العائدة ومقدرتها على حمل المفتتات فتترسب على القاع. وباستمرار هذه العملية ينمو الحاجز تدريجياً حتى يصبح أعلى منسوب سطح البحر. ويظهر الحاجز على الخريطة الكنتورية حيث يصنع خط كنتور صفر حلقة كنتورية طولية على شكل جزيرة أمام الساحل.

هـ - **المصبات الخليجية** Estuaries : المصب الخليجي عبارة عن ذراع من مياه البحر قليل العمق يتوغل داخل الكتلة الأرضية اليابسة المجاورة، والأرض من حوله ذات تموجات بسيطة. وقد يكون للذراع فروع عديدة، ولكل فرع فروع ثانوية. وتنشأ المصبات الخليجية نتيجة إرتفاع فى مستوى سطح البحر وطغيانه على الأحباس الدنيا للأودية النهرية المحفورة فى سهل ساحلى محدود الإرتفاع خفيف الإنحدار والتى تنتهى إليه مما يؤدى إلى إمتداد مياه البحر إلى مسافات بعيدة وغمر أجزاء واسعة. ويظهر المصب الخليجى على الخريطة الكنتورية حيث يمتد خط كنتور صفر فى اليابس على شكل إصبع طويل، وقد يبدو على شكل كف اليد الذى يمتد منه أصابع عديدة. وهناك نوع من المصبات الخليجية تعرف باسم Rias وهى تنشأ نتيجة طغيان البحر وغمره للأجزاء الدنيا للأودية العميقة نسبياً والتى تمتد فى أرض جبلية، ويحول عمق الأودية وشدة إنحدار جوانبها وقطاعها الطولى دون توغل مياه البحر لمسافة كبيرة داخل اليابس. ولذلك يلاحظ أن خط كنتور صفر لايمتد فى اليابس لمسافات بعيدة وقد لاتكون له فروع.

و - **الفيوردات** Fjords : تختلف الفيوردات كثيراً عن المصبات الخليجية فهى ضيقة فى طول إمتدادها ومستقيمة تقريباً وجوانبها رأسية أو شديدة الإنحدار ولها فروع كثيرة تمتد فى اليابس لمسافات بعيدة. ولذلك يلاحظ أن خط كنتور صفر شديد التعرج والتداخل والتوغل فى اليابس، كما تظهر أمامه جزر ذات أشكال ومساحات مختلفة. كما يلاحظ أن كنتورات اليابس المجاورة لخط كنتور صفر تكاد توازيه وهى فى نفس الوقت متقاربة بصورة ملحوظة. والفيوردات ماهى إلا أودية حفرها الجليد ثم إنزاح عنها، ولذا فإنها أكثر عمقاً من أى وادى نهرى وجوانبها أشد إنحداراً، وقد طغت مياه البحر على الأجزاء الدنيا منها. (شكل ٣١).

لسان بحري ولاجونة

لسان بحري

خطاف بحري

خطاف بحري

خطاف بحري

حاجز بحري

فيوردات

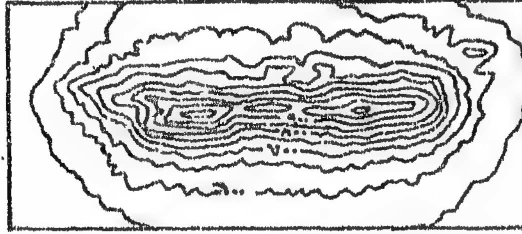
مصب خليجي

شكل (٣١)

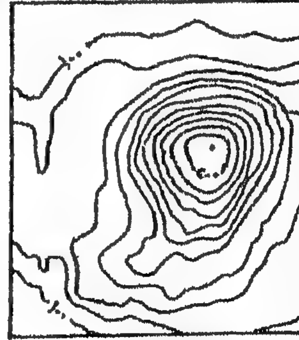
خامساً : تحليل الخريطة الكنتورية :

يتألف سطح الأرض من ثلاثة عناصر تترابط فيما بينها بطرق مختلفة فتعطى أشكال سطح الأرض التى سبق عرضها داخل وحدات تضاريسية كبرى هى القمة والمنحدر والسهل. وتأتى المنحدرات فى مقدمة تلك العناصر حيث تحتل مساحات واسعة من سطح الأرض بينما تشغل القمم والسهول مساحات محدودة.

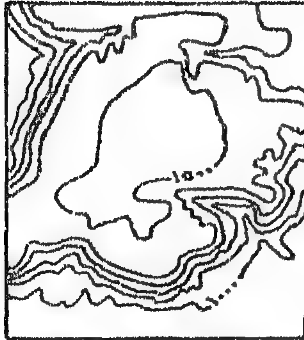
والقمة هى المنطقة التى تلتقى عندها أعالى المنحدرات، أو بعبارة أخرى المنطقة التى تشرف على منحدرات تهبط نحو الأسفل أى نحو الأرض السهلية المنبسطة المجاورة. وقد تكون القمة نقطة أو خط أو مساحة مستوية . (شكل ٣٢).



خط قمم مستطيلة



قمة منعزلة

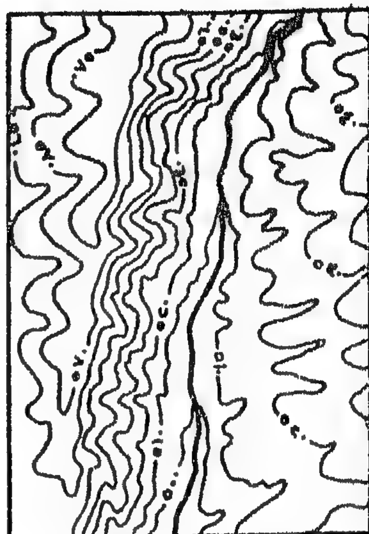


قمة مستوية

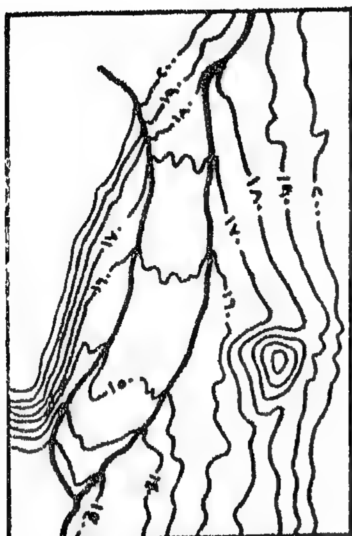
شكل (٣٢)

أما السهل فهو المنطقة المنخفضة محلياً أى نسبياً عما يجاورها من مرتفعات ، وتلتقى عندها أسافل المنحدرات. والسهول من الناحية الهندسية عبارة عن خط

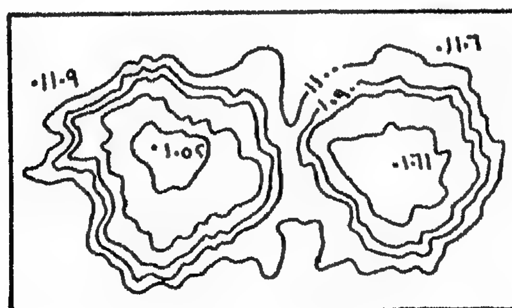
متعرج ينحدر إنحداراً خفيفاً، وغالباً يرتبط هذا الخط بمجرى مائى تشرف عليه المنحدرات الجانبية. ونادراً ما تلتقى المنحدرات فى أسافلها عند نقطة إلا فى حالة المنخفضات القمعية ومنخفضات فوهات البراكين والمنخفضات الدائرية المغلقة. (شكل ٣٣).



سهل (قاع وادى)



سهل (قاع وادى متسع)



سهل (منخفضات دائريان)

شكل (٣٣)

والمنحدرات هى الأجزاء من سطح الأرض التى تفصل بين القمم والسهول وتمتاز بالزيادة الملحوظة فى قيم الإنحدار. وبما أن المنحدرات تفصل بين منسوبين أحدهما أكبر من الآخر والفرق بينهما أكبر من الفاصل الكنتورى على الخريطة ، فإنها تظهر على شكل خطوط كنتور متتابعة تشير إلى الإرتفاع تجاه القمم وإلى الإنخفاض تجاه السهول.

الوحدات التضاريسية :

الوحدة التضاريسية هى مجموعة من أشكال سطح الأرض متقاربة فى صفاتها ومعالمها ومتواجدة فى مكان واحد. والهدف من تحليل الخريطة الكنتورية هو التعرف على الوحدات التضاريسية فى المنطقة التى تمثلها الخريطة والتمييز بينها. ويقوم التمييز على دراسة :

١ - المنسوب المطلق أى مدى الإرتفاع أو الإنخفاض عن مستوى سطح البحر وهو يفيد فى الوصف، وكذلك المنسوب النسبى أى التضاريس النسبية أى الفرق فى المنسوب بين القمم والسهول المجاورة.

٢ - أشكال سطح الأرض السائدة.

ويقوم تصنيف الوحدات التضاريسية على أساس منهجين مختلفين :

المنهج الأول : وهو التصنيف التحليلى لعنصر واحد من عناصر سطح الأرض مثل المنسوب أو قيمة الإنحدار، والهدف منه التوصل إلى تصنيف بسيط. فإذا قام التصنيف على أساس المنسوب فيمكن فى هذه الحالة تحديد فئات منسوب أو فواصل منسوب يتم على أساسها تقسيم الخريطة إلى مناطق مرتفعة ومناطق متوسطة الإرتفاع ومناطق منخفضة، ثم إستخدام لون أو ظل متدرج لبيان تلك المستويات وقياس المساحة التى يشغلها كل مستوى ونسبتها إلى المساحة الكلية. وقد يقوم التصنيف على أساس قيمة الإنحدار، وفى هذه الحالة تصنف قيم الإنحدار إلى فئات يتم على أساسها تقسيم الخريطة إلى مناطق شديدة الإنحدار

ومناطق متوسطة الإنحدار ومناطق خفيفة الإنحدار وتلوينها أيضاً بلون أو ظل متدرجة وقياس مساحة كل شريحة لونية ثم نسبتها إلى المساحة الكلية.

ويحقق مثل هذا التصنيف التحليلي فوائد مهمة تمكن من معرفة مدى تأثير العنصر موضع التحليل على العناصر الجغرافية البيئية الأخرى. فدراسة مستويات المناسيب تفيد في الدراسات المناخية الخاصة بدرجات الحرارة أو التساقط، وفي الدراسات السكانية مثل دراسة كثافة السكان وإختلافها ، وفي الدراسات العمرانية مثل دراسة أنماط العمران. أما دراسة الأقاليم الإنحدارية فإنها تفيد في الدراسات الخاصة بالعمليات الجيومورفولوجية وتحرك المواد وزحف التربة وتخطيط شبكات الطرق وشبكات الري.

المنهج الثاني : وهو التصنيف الشامل الذي يقوم على أساس المنسوب والتضاريس النسبية وقيم الإنحدار وأشكال المنحدرات وأشكال سطح الأرض. وبناء على تلك المعايير مجتمعة ، فإن سطح الأرض يمكن تصنيفه في ثلاث وحدات تضاريسية كبرى هي : السهول ، الهضاب، الجبال، كما يمكن تصنيف كل وحدة منها إلى وحدات تصنيفية ثانوية أي أنواع السهول وأنواع الهضاب وأنواع الجبال. (شكل ٣٤).

١ - السهل :

السهل عبارة عن أرض مستوية أو شبه مستوية وأوديتها سطحية لاتتعمق في السطح. ويشير هذا التعريف إلى أن قيم المناسيب المطلقة في المنطقة متقاربة والتضاريس النسبية ضعيفة، ويترتب على ذلك ضعف في قيم الإنحدار وتسطح في أراضي مابين الأودية. وقيم المناسيب المطلقة غير مهمة في حد ذاتها، فالسهل لايعني أن المناسيب منخفضة ، فهناك سهول قريبة من مستوى سطح البحر وأخرى مرتفعة عنه بكثير. وهذا التعريف أيضاً لايعني عدم وجود مرتفعات بارزة، بل كثيراً مانجد مرتفعات منعزلة تعلو سطح السهل وتتخذ شكل تلال أو أعلام أو أعراف منعزلة. كما أن هذا التعريف لايعني عدم وجود أي إنحدار بل أغلب السهول لها



الوحدة التضاريسية " السهول "



الوحدة التضاريسية " الجبال "



الوحدة التضاريسية " الهضاب "

شكل (٣٤)

إنحدار فى إتجاه ما، وهناك سهولاً تنحدر بصورة ملحوظة فى إتجاه واحد هى سهول أقدام الجبال.

ولايعنى هذا التعريف للسهل أية دلالة على الخصوبة وملائمة الظروف أمام الحياة البشرية، فالسهول ليست دائماً مناطق خصبة. بعض السهول تكاد تكون خالية من السكان بسبب الجفاف وخطر فيضانات السيول المفاجئة المدمرة، أو بسبب وفرة المياه وسوء الصرف وتكوّن المستنقعات، فانبساط السهل عامل إيجابى حيث لايسمح الضعف فى الإنحدار بتعرية مائية نشطة وفى نفس الوقت عامل سلبى إذا أدى إلى تراكم المياه.

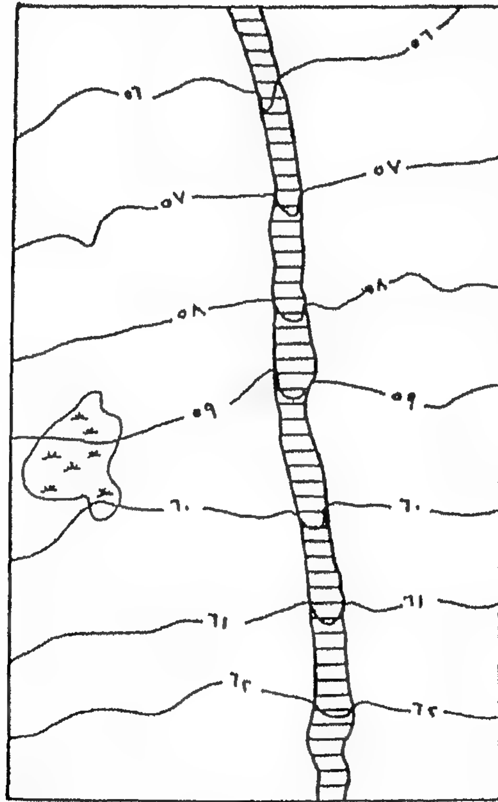
وتوجد داخل السهول أشكال تضاريسية بسيطة تتمثل فى أشكال بارزة منعزلة تشرف على السطح المستوى العام ترتبط بعوامل خارجية مثل المياه (جسور نهرية - حواجز بحرية) أو الرياح (كثبان رملية).

أنواع السهول وأشكال سطح الأرض المرتبطة بها : تصنف السهول وتتنوع تبعاً لمعايير :

- تبعاً لأشكال سطح الأرض الصغيرة بها.
- تبعاً لموقعها النسبى بالنسبة للوحدات التضاريسية المجاورة لها.
- تبعاً لظروفها المناخية وموقعها بالنسبة للأقاليم المناخية.

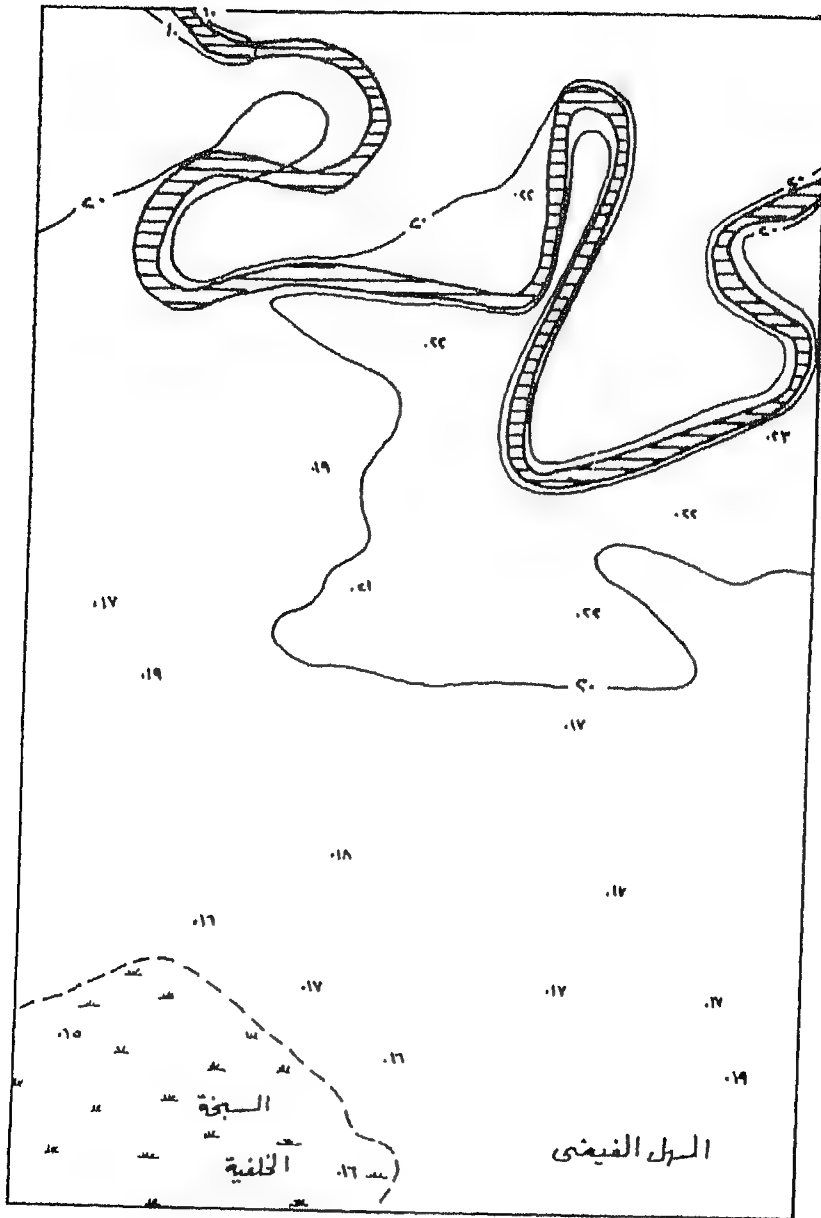
١ - **السهول الفيضية :** وتتواجد بالقرب من مستوى القاعدة، ويمثل الجريان السطحى العنصر الأساسى والرئيسى فى هذا النوع من السهول. ويلاحظ فيها التعرجات النهرية الواضحة، ولكل ثنية ضفتان : ضفة مقعرة تشرف على المجرى بإنحدار شديد وضفة محدبة تنحدر بإنحدار خفيف تجاه المجرى. ويظهر الإنحدار الشديد بخطوط كنتور متقاربة وأحياناً متطابقة تبدو على شكل خط كنتور واحد مسنن (خطوط قصيرة عمودية على خط الكنتور تتجه نحو المجرى). وأحياناً يلاحظ على جانبى المجرى خطى كنتور متطابقين يبدوان على شكل خط مسنن، ولايعنى ذلك تعمق الوادى بل يعنى تعمق المجرى بين ضفتيه فى السهل

الفيضى وهو تعمق خفيف لايتجاوز فاصل أو فاصلين كنتورين. كما يلاحظ عند فحص مناسيب خطوط الكنتور فى السهل وجود خطوط كنتور بجوار المجرى ذات مناسيب أعلى من مناسيب خطوط الكنتور البعيدة عن المجرى أى أن المناسيب تتناقص بالإبتعاد عن المجرى. وتشير خطوط الكنتور الأعلى فى المنسوب إلى ظاهرة الجسور الطبيعية Natural Levée ، بينما تشير خطوط الكنتور المنخفضة البعيد عن المجرى إلى منطقة حوضية تشغلها عادة مستنقعات هى منطقة السبخات الخلفية Back - wash والتى تجف بفعل التبخر فى أواخر الفصل الجاف. (شكل ٣٥).



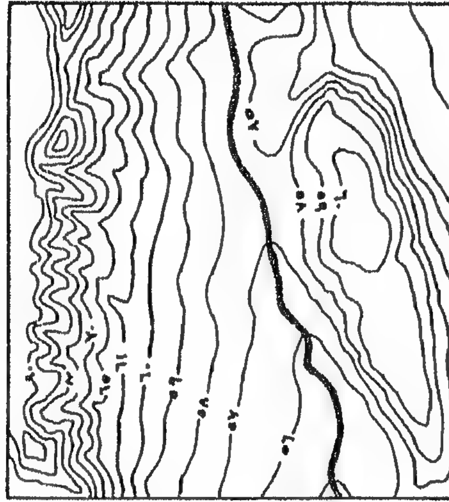
سهل فيضى ينحدر انحدارا خفيفا - لاحظ الكنتورات شبه المتوازية

شكل (٣٥)



(تابع) شكل (٣٥)

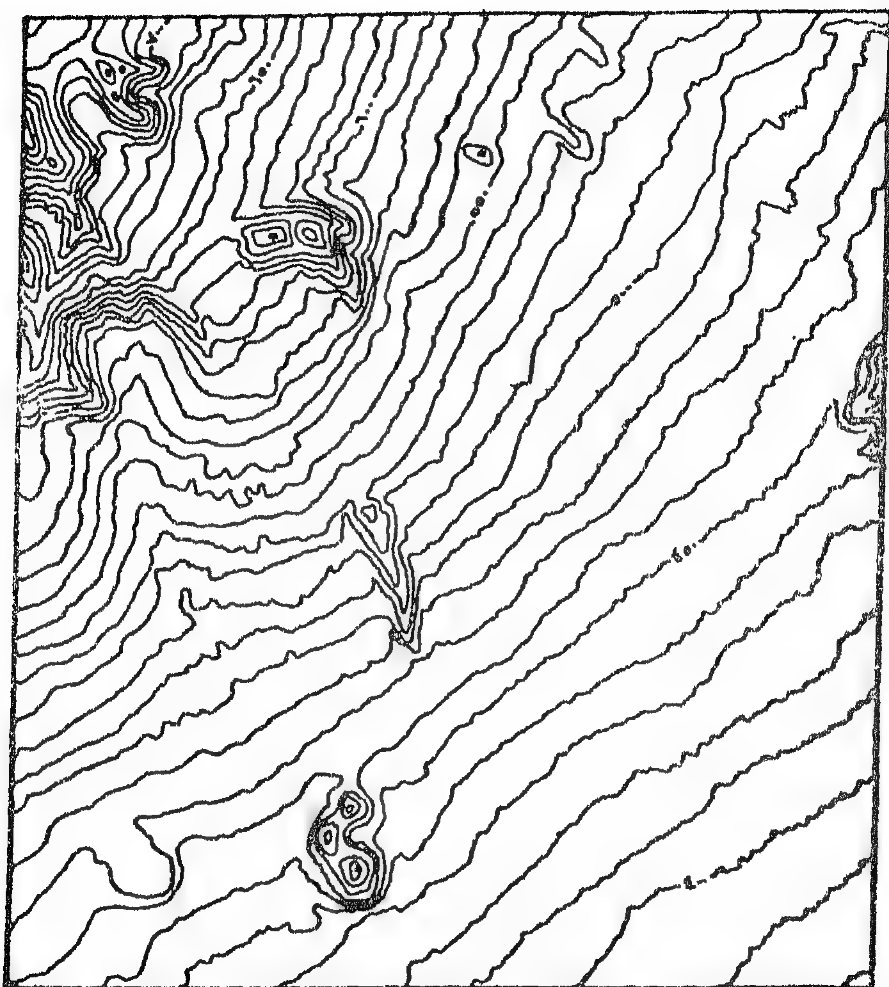
٢ - **سهول قيعان الأودية النهرية** : وهى سهول ترتبط بالمجارى المائية، ولها منحدرين جانبيين تجاه المجرى، وإنحدار عام طولى يتفق مع الإنحدار العام للمجرى نحو مستوى قاعدته. ويلاحظ عند الإنتقال من المناطق الجانبية المنحدرة إلى قاع الوادى الإنتقال من منطقة خفيفة الإنحدار إلى منطقة مستوية أو شبه مستوية هى قاع الوادى الذى تفيض عليه مياه النهر خلال فصل الفيضان. وقد يلاحظ على جوانب الأودية أجزاء تتقارب فيها خطوط الكنتور هى مقدمات أو واجهات لمصاطب تطل على سهل قاع الوادى من منسوب أعلى نسبياً. (شكل ٣٦).



سهول قيعان الأودية النهرية

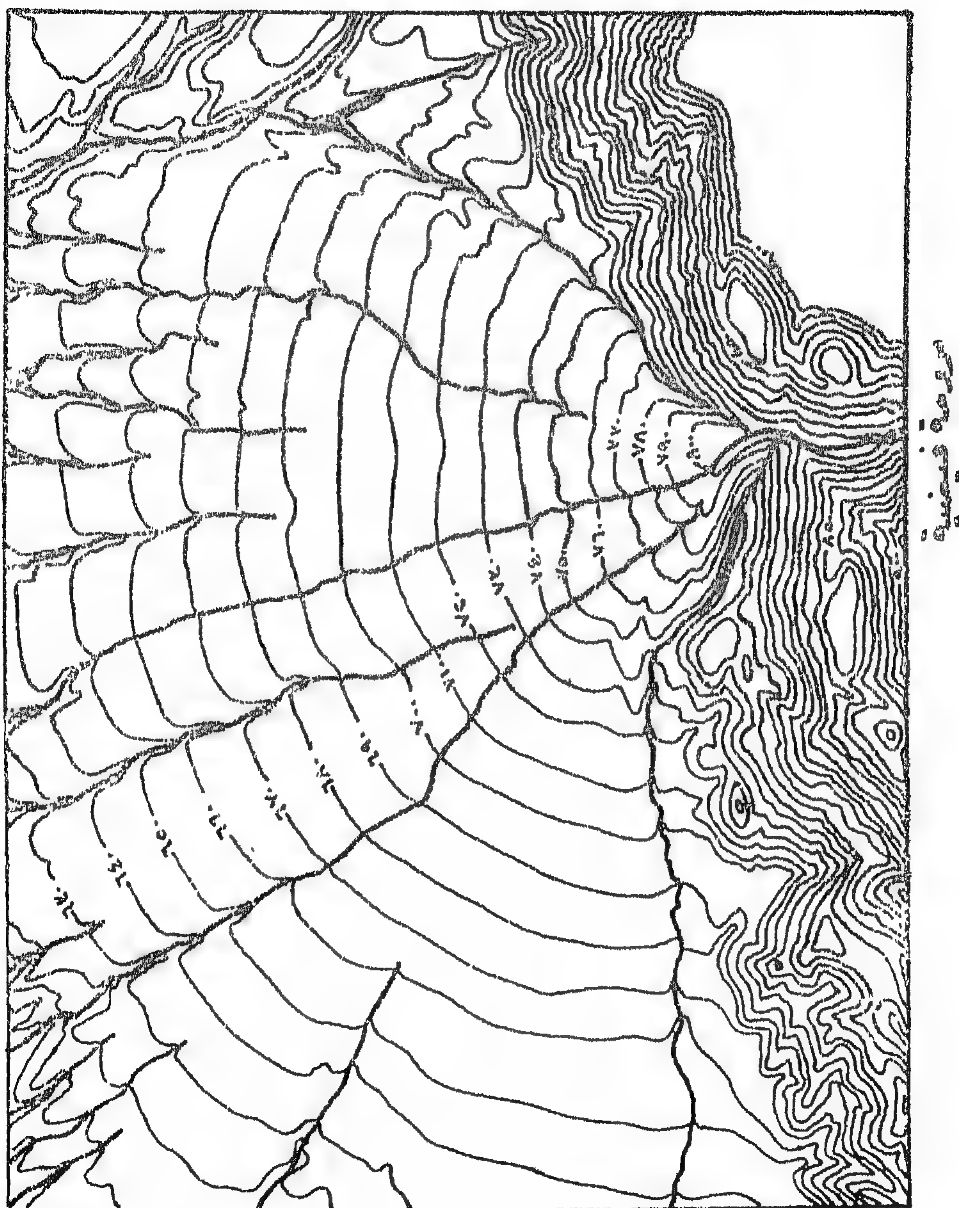
شكل (٣٦)

٣ - **سهول أقدام الجبال (البيدمونت Piedmont)** : تأخذ هذه السهول شكلاً خاصاً يتميز بالمنحدر المقعر التدريجى الخفيف من حضيض المرتفعات الجبلية إلى وسط السهل. ويلاحظ أن خطوط الكنتور مقوسة إلى الأمام قليلاً وعلى شكل زوايا منفرجة نحو أسافل السهل. وتتلاقى تلك الأقواس فى هيئة رؤوس تتجه وتشير إلى المنطقة الجبلية. وخطوط الكنتور موازية تقريباً لبعضها البعض وتعرجاتها بسيطة. (شكل ٣٧).



سهول أقدام الجبال (البيدمونت)

شكل (٣٧)



شكل (٣٨)

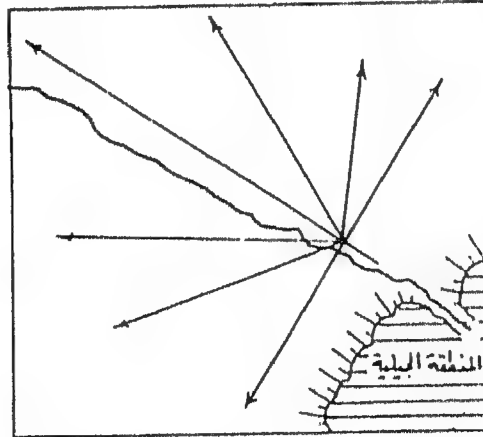
وهناك سهول على شكل المروحة يوضحها خطوط الكنتور التي ترسم أقواساً تقترب من أنصاف الدوائر تتحدب نحو أسافل المروحة، وتلتقى تلك الأقواس ببعضها فى إتجاه المنطقة الجبلية لتبين خطوط التصريف التى تنتشر متتبعة إتجاهات الإنحدار الأكبر، ويتبع خط التصريف الرئيسى محور المخروط المروحى، وترسم بقية خطوط التصريف المحاور الثانوية للمروحة. وتبدو القطاعات الطولية التى تمتد من المنطقة الجبلية إلى أطراف المروحة على شكل منحنى مقعر، بينما تبدو القطاعات التضاريسية التى تمتد عبر المروحة موازية للمنطقة الجبلية تقريباً على شكل منحنى مقبب أو منتفخ فى الوسط. (شكل ٣٨).

وبصفة عامة هناك ثلاثة منحدرات على سطح المروحة :

- منحدر طولى رئيسى من مخرج المجرى من المنطقة الجبلية (رأس المروحة أو المخروط) نحو أطراف المروحة. ويصنع زاوية قائمة تقريباً مع الواجهة الجبلية.

- منحدران ثانويان متعامدان على المنحدر الطولى الرئيسى، ويتجهان من مخرج المجرى إلى الجانبين المنخفضين ويكوّنان معاً خطاً يوازى تقريباً الواجهة الجبلية.

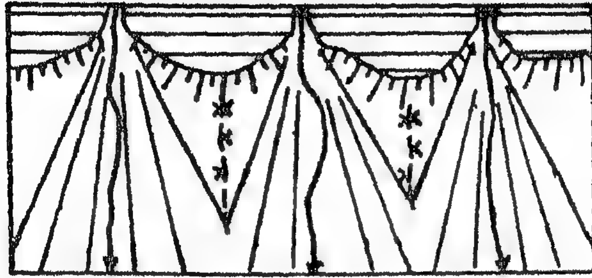
- منحدرات متعددة بين المنحدر الطولى الرئيسى والمنحدران الثانويان المتعامدان. (شكل ٣٩).



المنحدرات المختلفة فوق سطح المروحة

شكل (٣٩)

وقد تلتحم المراوح ببعضها البعض وتكون نطاقاً متصلاً، ولكن يلاحظ وجود منطقة منخفضة بين كل مروحة وأخرى تعتبر وكأنها خط تقسيم مياه بين مجموعة المجارى التى تنحدر على سطح مروحة ومجموعة المجارى التى تنحدر على سطح المروحة المجاورة. وهذه المنطقة جافة لاتصلها المياه إلا نادراً . (شكل ٤٠).



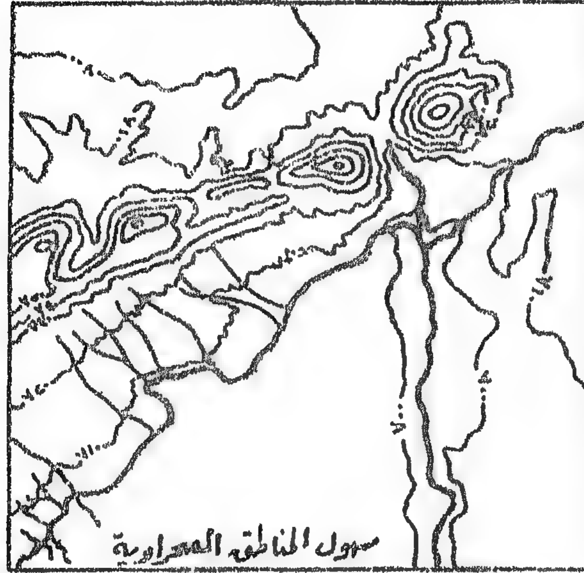
نطاق متصل من المراوح والفواصل بين كل مروحتين متجاورتين

شكل (٤٠)

٤ - سهول المناطق الصحراوية : تلاحظ تلك السهول فى خرائط المناطق الصحراوية ، وتتميز بوجود كثافة عالية من خطوط الجريان السطحى تتعدى بكثير مايلاحظ فى المناطق الرطبة، إلا أن ذلك لايدل على وفرة المياه، بل يدل على عدم إنتظامها مكانياً وزمانياً. فخطوط التصريف التى تبدو على الخريطة الكنتورية على شكل خطوط مقطعة تشير إلى مجارى سيلية غير منتظمة تسيل بالمياه لمدة قصيرة ثم تجف لشهور طويلة، أى أن تلك الخطوط المقطعة تبين مجارى سبق أن سالت بها المياه ولو لمرات قليلة.

وتتوسط سهول المناطق الصحراوية فى الغالب مرتفعات متباعدة على شكل تلال مستديرة أو أعراف صخرية حادة منعزلة مما يضفى على السهل صفة التجزؤ إلى وحدات منفصلة. ويميل سطح السهل عند أقدام تلك المرتفعات إلى الإنحدار الخفيف الذى يكسوه حصى وحصباء رديئة الإستدارة ورديئة التصنيف، وتشير إلى

تراجع تلك المرتفعات بفعل عوامل التعرية. وقد تتراكم الرمال على شكل فرشات رملية أو عروق خطية صغيرة متوازية أو كثبان هلالية مختلفة الشكل والحجم والإرتفاع وقد تكون متحركة فوق سطح السهل. (شكل٤١).



شكل (٤١)

٢ – الهضبة :

الهضبة عبارة عن أرض متوسطة الإرتفاع تتميز بالسطح المنبسط قليل التموج أو شبه المستوى أو المنحدر إنحداراً تدريجياً خفيفاً، تتعمق فيه أودية خانقية عميقة ضيقة ذات جوانب شديدة الإنحدار، وتشرف بإنحدار شديد على وحدات تضاريسية أخرى مجاورة عبارة عن سهول أو هضاب أقل إرتفاعاً.

والعنصر الرئيسى فى هذا التعريف هو المنسوب، فالمناسيب المتقاربة تحقق صفة الإستواء أو الإنبساط أو التموج، وأن هذا السطح المستوى لايتفق منسوبه مع منسوب الجريان السطحى بل يشرف عليه بفارق منسوب كبير، أى أن التضاريس النسبية كبيرة وهى صفة أو خاصية تميز الهضاب عن السهول. وتوجد المناسيب العالية ذات القيم المتقاربة بعيدة عن الأودية وتربط بها خطوط كنتور شديدة

التباعد تعطى صفة التسطح. كما توجد المناسيب المنخفضة دائماً بجوار خطوط التصريف وترتبط بها خطوط كنتور تتقارب بشدة وتقل فى مناسيبها دليل على الهبوط الفجائى من سطح الهضبة إلى قيعان الأودية العميقة الضيقة ذات الجوانب شديدة الإنحدار. وتطل الهضاب على وحدات تضاريسية منخفضة بمنحدرات شديدة وأحياناً رأسية وأحياناً سلمية على شكل مصاطب تعرف بالأرصفة الصخرية Rock Bench.

وبناء على التعريف السابق فإن العناصر التضاريسية التى تشكل الهضبة هى:

- عنصر هضبى مستو أو شبه مستو أو مموج وقد يكون له إنحدار خفيف ويمتاز باتساعه الواضح لوقوعه بين واديين متعمقين ويتباعدان عن بعضهما بمسافة كبيرة. وعندما يشتد تقطع الهضبة وتتقارب الأودية من بعضها البعض فإن العنصر الهضبى يصير ضيقاً ومستطيلاً وقد يبدو على شكل مضلع محدب متسع إلى حد ما ويسمى بالمتن. وتعتبر محاور المتون فى هذه الحالة خطوط تقسيم مياه بين الأودية الجانبية.

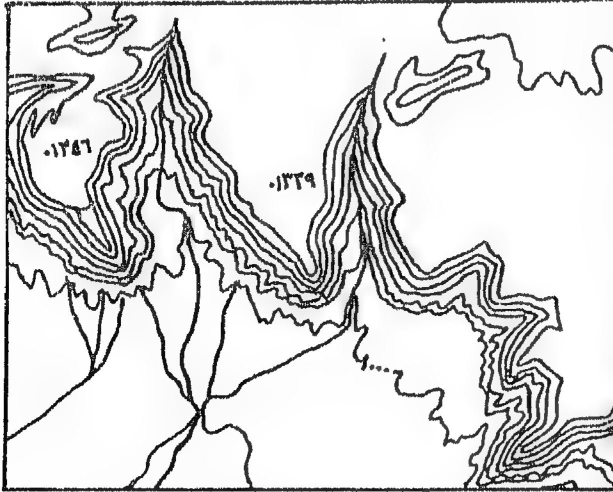
- أودية تتعمق فى السطح المستوى ويمكن إتخاذها كمعيار لتصنيف الهضاب. وتتقارب قيعان الأودية الرئيسية فى مناسيبها أى فى مقدار تعمقها عن سطح الهضبة، كما تتشابه فى شدة إنحدار جوانبها.

- إنحدار شديد تشرف به الهضبة على التضاريس المنخفضة المجاورة. ويعتبر هذا العنصر صفة أساسية للهضاب حتى وإن لم تتعمق فيها أودية. ويمثل هذا العنصر جانب أو حافة الهضبة التى قد تكون خطية قليلة التقطع أى على شكل خط له إتجاه أو أكثر يمكن تحديده، وقد تكون متعرجة على شكل نتوءات وثغرات متتابعة. وتسمى النتوءات بالبروزات الهضبية أو الخشوم وأحياناً بالمنقار، وإذا تقاربت الخشوم أو المناقير أصبحت حافة الهضبة ذات شكل مسنن. أما الثغرات فهى غالباً متسعة على شكل أحواض قد ترتبط بالأودية الخانقية التى تقطع سطح الهضبة. وقد ينفصل عن الهضبة أجزاء محدودة الإتساع ومتباينة الإرتفاع تعرف بالقارة أو اليتيمة. وتبدو حافة الهضبة على شكل جرف إذا كانت

شديدة الإنحدار من أعلاها حتى أسافلها، إلا أن أغلب الحافات تكون مركبة بها تحدب فى أعلاها وتقعر فى أسفلها. وأحياناً يظهر بالحافة مصطبة واسعة أو أكثر تنخفض عن سطح الهضبة التى تعلوها وتعلو المنخفض الذى تشرف عليه.

- فى تعريف الهضبة لايهتم بقيمة المنسوب المطلق، ولكن يمكن إستخدامه فى تصنيف الهضاب إلى هضاب عالية وهضاب منخفضة. وقد يهتم بالمنسوب المطلق للتعرف على بعض العناصر التضاريسية البارزة فوق سطح الهضبة مثل التلال والأعراف. (شكل ٤٢).

ويترتب على تلك الصفات المميزة للهضبة، أن أسطح الهضاب جافة فى الغالب لبعدها عن مستوى المياه، وأن المنحدرات سواء كانت منحدرات جوانب الهضبة أو جوانب الأودية المتعمقة معرضة لمختلف عمليات التعرية وإنجراف التربة، وأن الأودية العميقة الضيقة ذات القيعان محدودة الإتساع معرضة لأخطار الفيضانات السيلية الفجائية. كما أن وجود تلك الأودية العميقة يعوق إنشاء الطرق التى تجتاز الهضبة.



هضبة تظهر بحافة بعوزات على شكل زوايا حادة وثغرات تشغلها أودية خانقية، وتعتبر الحافة حافة مسننة. وسطح الهضبة مستوى به متون.

شكل (٤٢)

أنواع الهضاب : تصنف الهضاب تبعاً لمعايير : الإرتفاع المطلق، الإرتفاع النسبى أى مدى تعمق الأودية، كثافة الأودية أى مدى تقطع سطح الهضبة.

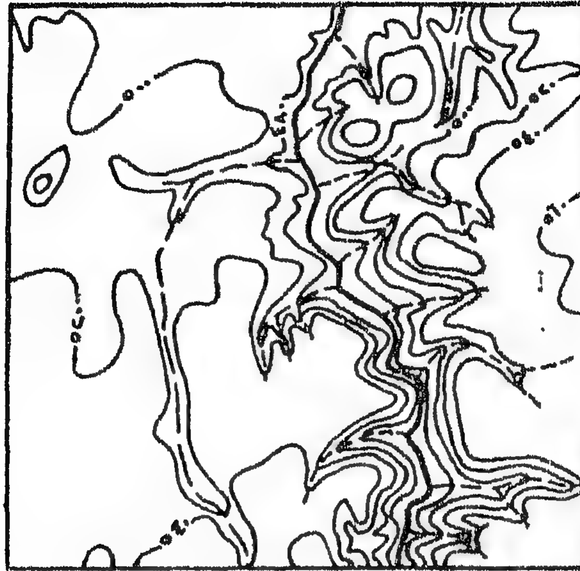
التصنيف تبعاً للإرتفاع المطلق : هناك هضاب عليا قد يصل إرتفاعها إلى ٤٠٠٠ متراً فوق مستوى سطح البحر مثل هضبة التبت، وهناك هضاب متوسطة الإرتفاع مثل هضبة التيه فى شبه جزيرة سيناء التى يتراوح منسوبها إلى ١٠٠٠، ٥٠٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، وهناك هضاب قليلة الإرتفاع مثل هضبة مارمريكا فى شمال الصحراء الغربية والتى يتراوح منسوبها بين ٢٠٠ ، ١٠٠ متراً فوق مستوى سطح البحر. ولكن ليس للإرتفاع المطلق نتائج مباشرة على الشكل العام للهضبة، إلا أنه يلاحظ أن مدى تقطع السطح وتعمق الأودية يكون أكبر كلما انخفض المنسوب المطلق لسطح الهضبة.

التصنيف تبعاً للإرتفاع النسبى : ويقوم هذا التصنيف على ملاحظة مدى تعمق الأودية الرئيسية التى تجتاز الهضبة وتقطعها وليس على الروافد والشعاب. وتصنف الهضاب بناء على هذا الأساس إلى : هضاب إرتفاعاتها النسبية بسيطة، فأوديتها قليلة العمق تتراوح بين ٢٠ ، ١٠٠ متراً، وإنحدارات جوانبها ضعيفة إلى متوسطة ومنحدراتها قصيرة. ويسهل إجتياز تلك الأودية. وهناك هضاب إرتفاعاتها النسبية متوسطة، وهضاب يصل إرتفاعها النسبى إلى مئات الأمتار فأوديتها على شكل خوانق عميقة جوانبها تكاد تكون قائمة حائطية الإنحدار كما هو الحال فى هضبة الكلورادو. (شكل ٤٣).

التصنيف تبعاً لكثافة الأودية ومدى تقطع الهضبة : ويعتبر هذا المعيار هو الأساس الذى يطبع شكل التضاريس. وبناء على هذا المعيار تصنف الهضاب إلى:

– هضاب شابة قليلة التقطع وتتميز بتباعد الأودية الرئيسية عن بعضها وقلة الروافد ومن ثم إتباع العناصر الهضبية وقلة وضوح المتون، وظهور العناصر المنحدرة على شكل أشرطة ضيقة على جوانب الأودية.

– هضاب مقطعة تتميز بتقارب الأودية المتعمقة وإرتفاع كثافة روافدها،



هضبة ذات ارتفاع نسبي متوسط

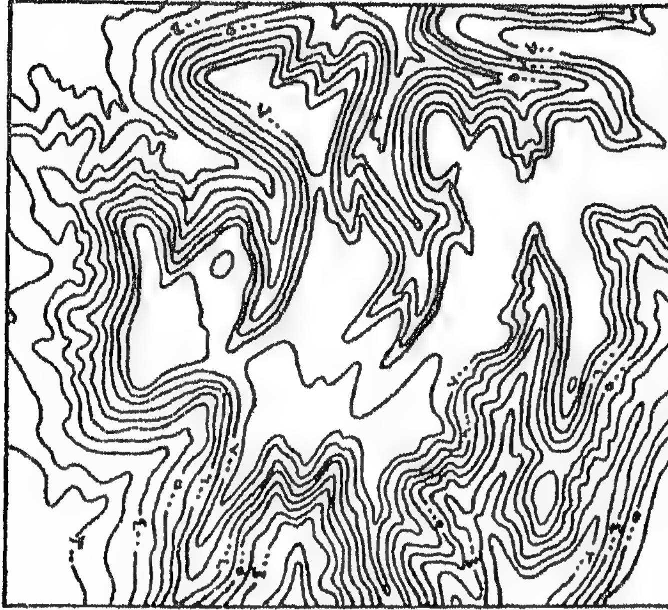


هضبة ذات ارتفاع نسبي كبير

شكل (٤٣)

وبالتالى فإن العناصر المسطحة محدودة الإتساع والمتون هى الشكل التضاريسى السائد.

– هضاب شديدة التقطع : ويختفى منها العناصر الهضبية المسطحة وتسود المتون شديدة التقطع التى تشرف على أودية متعمقة ومتقاربة. (شكل ٤٤).



شكل (٤٤)

٣ – الجبل :

الجبل هو أرض مرتفعة شديدة التقطع والتباين فى المنسوب وفى أشكال القمم والمنحدرات والأودية. والعناصر التضاريسية التى تكوّن الجبل والتى يمكن ملاحظاتها على الخريطة الكنتورية هى :

– قمم ضيقة حادة أو محدبة دائرية أو مستطيلة يفصلها عن بعضها سروج وفجاج، وتظهر على شكل خط يعرف بخط القمة الذى قد يمتد على شكل خط مستقيم يمكن تعيين إتجاهه أو على شكل خط منحنى أو مقوّس أو

متعرج. ويختلف منسوب القمم عن بعضها، لذا فالمنسوب المطلق له أهميته في التعرف على القمم المرتفعة والأخرى الأقل إرتفاعاً. وترسم الكنتورات الحلقية المغلقة التى تدل على القمم أشكالاً مختلفة دائرية وبيضاوية ومستطيلة ذات إمتداد ملحوظ ومحدودة الإتساع. ويحدد المنسوب النسبى مدى تقطع المنطقة الجبلية.

- سفوح حادة شديدة الإنحدار وعرة فى الغالب وشديدة الإختلاف فى قيم إنحدارها وفى أنماط منحدراتها.
- شبكة تصريف تمتاز بشدة تقارب عناصرها، وتميل خطوطها إلى الإستقامة إلا أن هناك خطوطاً شديدة التعرج. وتتنوع قيعان الأودية الرئيسية فهناك قيعان ضيقة وأخرى واسعة على شكل منخفضات حوضية.

ويقوم تصنيف الجبال على أسس ومعايير مختلفة مثل :

أ - التصنيف على أساس المنسوب المطلق : وتصنف الجبال إلى : جبال عالية وجبال متوسطة وجبال قليلة الإرتفاع.

ب - التصنيف على أساس التضاريس النسبية أى مدى التباين بين إرتفاعات القمم وقيعان الأودية والأحواض.

جـ - التصنيف على أساس أشكال القمم والأعراف ومدى تقطعها ومدى إتساع الأحواض البينية الفاصلة.

وهناك تصنيفات تركيبية تقوم على دمج عدة معايير معاً، وقد يدخل معها إمكانيات الإستغلال البشرى.

الجبال العالية : وتتميز تلك الجبال بعدة صفات يمكن ملاحظتها على الخريطة الكنتورية :

- أغلب القمم لها إرتفاعات عالية والسروج والفجاج البينية ذات منسوب عال.

- تتشكل القمم والأعراف على شكل خطوط كثيرة التفرع فكل عرف أو قمة رئيسية يتفرع منها قمم وأعراف ثانوية، ونقط التفرع أو نقط الإلتقاء تكون عادة علي شكلي قمة هرمية.
- تشكل أعالى الأودية أحواضاً عميقة قد تشغلها بحيرات وتطل عليها جروف وعرة، وتنفتح تلك الأحواض إلى أودية ضيقة عميقة جوانبها شديدة الإنحدار تكاد تصل إلى الشكل الرأسى الحائطى.

الجبال متوسطة الإرتفاع : وتتميز بـ :

- تقل قيم المناسيب المطلقة عن الجبال السابقة، ولكن ترتفع قيم التضاريس النسبية، فالسطح شديد التقطع والسفوح شديدة الإنحدار.
- ترسم القمم والأعراف أشكالاً قوسية أو بيضاوية تشرف على أحواض متسعة.
- أغلب الأودية على شكل خوانق ذات قاع ضيق أو يتسع محلياً فى بعض المناطق.

الجبال قليلة الإرتفاع : وتتميز بـ :

- شدة التقطع ويسود القمم الشكل المستدير والبيضاوى ، كما توجد أحواض ومنخفضات داخلية.
- لاتوجد منحدرات شديدة ، فالإنحدارات أغلبها متوسطة ولكنها شديدة التقطع بالمسيلات والروافد.

الفصل الثالث

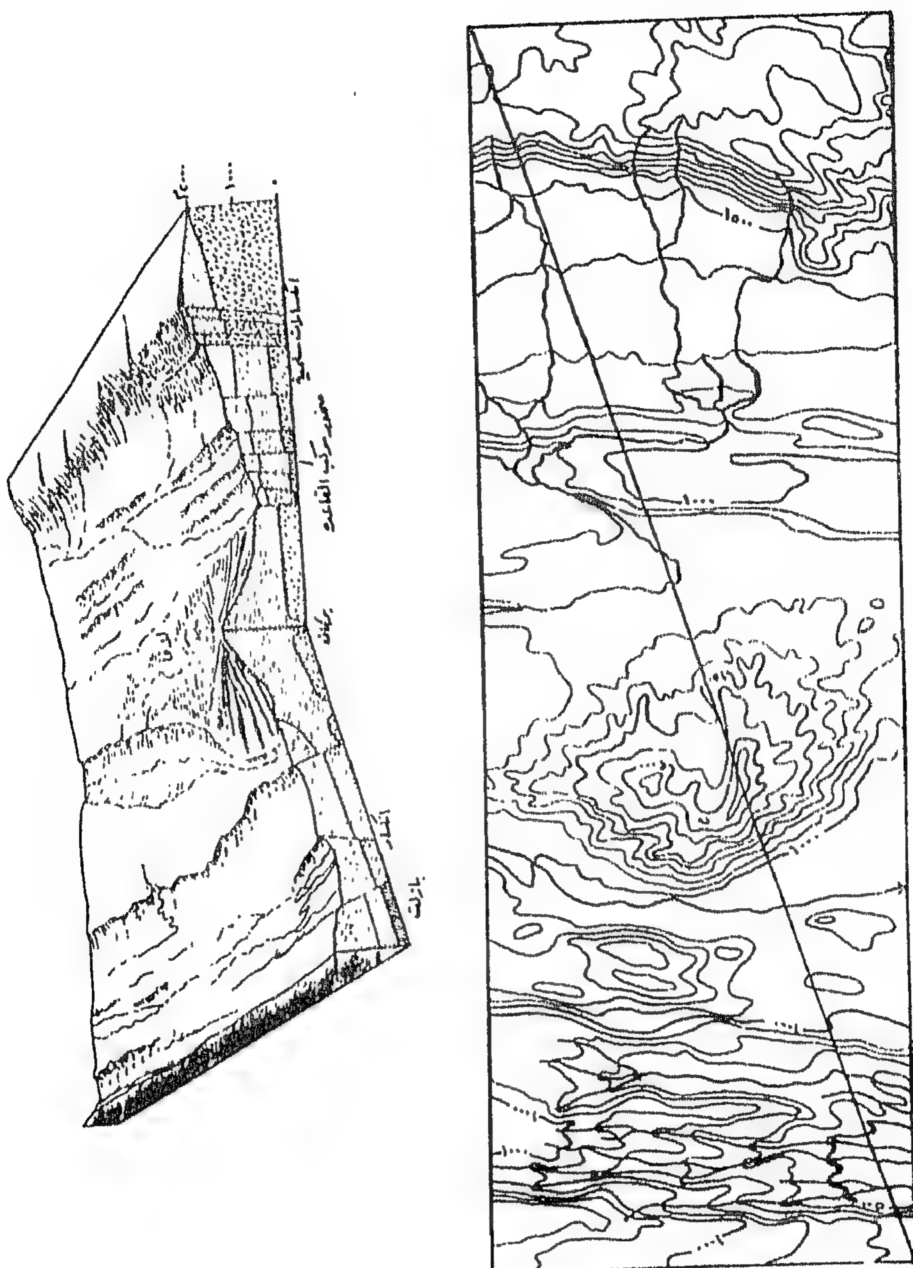
القطاعات التضاريسية من الخريطة الكنتورية

- القطاع التضاريسى المستقيم البسيط.
- القطاعات التضاريسية غير المستقيمة.
- القطاعات الزجزاجية.
- فائدة القطاعات العرضية للأودية والطولية لمجاريها النهرية فى الدراسات الجيومورفولوجية.
- القطاعات العرضية للأودية على القطاع الطولى للنهر.
- القطاعات الطولية للمجرى النهرى الرئيسى وروافده.
- القطاعات المتداخلة (المنطبقة).
- القطاعات البانورامية.
- القطاع المركب.

الفصل الثالث
القطاعات التضاريسية من الخريطة الكنتورية

القطاع التضاريسى عبارة عن صورة جانبية لمنطقة معينة على طول خط محدد يسمى خط القطاع. وهو فى أغلب الأحوال عبارة عن شكل نظرى تصورى يتم إنشاؤه من الخريطة الكنتورية ولايمكن رؤيته على الطبيعة بشكل منظور إلا فى حالة القطوع الرأسية فى مناطق المحاجر والمناجم والحافات الرأسية. والقطاعات التضاريسية لها أهمية بالغة فى الدراسات الجيومورفولوجية فهى تعطى فكرة أكثر وضوحاً مما تعطيه الخريطة الكنتورية عن شكل سطح الأرض على طول خط القطاع، وكذلك شكل المنحدرات ودرجاتها. كما يمكن تمثيل البنية الجيولوجية عليها (شكل ٤٥). وقد يكوّن هذا القطاع بسيطاً يصل بين نقطتين سواء كان هذا القطاع مستقيماً أو منحنياً، وقد يكون مركباً أى يتكون من مجموعة من القطاعات البسيطة، وقد يكون مقفلاً إذا انتهى القطاع إلى النقطة التى بدأ منها ويعرف فى هذه الحالة بالقطاع الصندوقى. وهناك نوع آخر من القطاعات التضاريسية يعرف بالقطاعات المتقاطعة:

وعند تخطيط القطاعات على الخريطة الكنتورية بهدف الدراسة الجيومورفولوجية التفصيلية ينبغى أن يمر خط القطاع متعامداً على الأشكال التضاريسية الرئيسية أو ممتداً إما على طول محاور الظواهر الجيومورفولوجية أو عبرها حتى يعطى فكرة صحيحة عن شكل المنطقة أو لخدمة هدف معين مثل تخطيط قطاع عرضى لوادى نهرى أو تخطيط قطاع يبين شكل محاور أراضى مابين الأودية أو محاور خطوط تقسيم المياه أو قطاعات طولية للأنهار. وعلى العموم لايفضل تخطيط قطاع على طول خط ينحرف عن الإتجاه العام لمحاور الظواهر الجيومورفولوجية.



شكل (٤٥)

القطاع التضاريسي المستقيم البسيط Simple relief profile:

القطاع التضاريسي البسيط هو الخط المستقيم الواصل بين نقطتين معلومتين على الخريطة. ولرسم هذا القطاع يجرى الآتى :

١ - يؤتى بورقة ذات حافة مستقيمة وتوضع على الخريطة بحيث تنطبق حافتها على الخط المحدد للقطاع فى الخريطة الكنتورية.

٢ - تحدد نقط تقاطع حافة الورقة (أى خط القطاع) مع خطوط الكنتور، ويكتب عند كل نقطة قيمة أى منسوب خط الكنتور الخاص بها، وكذلك أى ظاهرة تتقاطع مع خط القطاع مع كتابة أسماء هذه الظواهر مثل مجرى مائى، ساحل بحيرة، طريق ... إلخ.

٣ - يرسم خطاً مستقيماً أفقياً فى الورقة التى سيرسم عليها القطاع ثم توضع عليه حافة الورقة السابقة وتنقل إليه النقط والمناسيب المحددة لخطوط الكنتور المكتوبة على الحافة، وأيضاً نقط الظواهر المختلفة. ويسمى هذا الخط بقاعدة القطاع أو المحور الأفقى.

٤ - يرسم خطاً عمودياً على الطرف الأيسر لقاعدة القطاع يستعمل كمقياس رأسى للمناسيب. ويحسن أن يكون مقياس الرسم لهذا المحور الرأسى مساوياً تماماً لمقياس رسم المحور الأفقى أى مساوياً لمقياس رسم الخريطة الكنتورية المحدد عليها خط القطاع المطلوب رسمه. وفى الواقع فإن هذا لايتحقق إلا عند رسم قطاعات من خرائط كبيرة المقياس مثل ١ : ٥٠٠٠ أو ١ : ١٠,٠٠٠ أو ذات فاصل رأسى فى حدود ٥٠ متراً مثلاً، أو فى خرائط ذات مقياس رسم أصغر ١ : ٥٠,٠٠٠ أو ١ : ١٠٠,٠٠٠ على الأكثر وذات فترة كنتورية لاتقل عن ١٠٠ متراً، أو بمعنى آخر عند رسم قطاعات من خرائط تفصيلية أو طبوغرافية ذات فترة كنتورية مناسبة. وفى هاتين الحالتين يمكن رسم القطاع بحيث يكون مايقابل كل ١ سم على المحور الأفقى يساوى مايقابل كل ١ سم على المحور

الرأسى. ولكن غالباً مانضطر إلى إختيار مقياس رسم للمحور الرأسى يختلف عن مقياس رسم المحور الأفقى (الخريطة) ذلك لأن الامتدادات الأفقية تفوق كثيراً المناسيب الرأسية خاصة فى الخرائط صغيرة المقياس أو فى الخرائط متوسطة المقياس ذات الفاصل الرأسى المحدود. فعلى سبيل المثال عند رسم قطاع من خريطة مقياس رسمها ١ :١٠٠,٠٠٠ يمر بمناسيب تتباين فى مدى محدود وكان أعلى منسوب يمر به خط القطاع ٦٠٠ أو ٧٠٠ م مثلاً أو حتى ١٠٠٠م ، فعند الإلتزام بتوحيد مقياس الرسم على المحورين الأفقى والرأسى سيكون طول المحور الرأسى ٠,٦ أو ٠,٧ أو ١ سم. وفى هذه الحالة لايمكن دراسة شكل سطح الأرض على طول خط القطاع أو تبين أى ظاهرة منه ويصبح فى النهاية عديم الفائدة. وتبرز هذه المشكلة فى حالة مقاييس الرسم الصغيرة التى يبدو معها شكل القطاع التضاريسى فى النهاية على شكل خط شبه مستقيم. لذا يضطر إلى رسم المقياس الرأسى مكبراً بالنسبة للمقياس الأفقى. ويطلق على هذا التكبير تعبير المبالغة، أى يضطر إلى المبالغة فى التضاريس حتى يمكن إظهار شكل سطح الأرض بالنسبة للإمتداد الأفقى. فى المثال السابق قد يختار مقياساً رأسياً بحيث يكون كل ١ سم به يساوى ١٠٠ متر مثلاً، بينما مقياس الرسم الأفقى كل ١ سم يساوى ١٠٠٠ متراً. ومن ثم يكون المقياس الرأسى أكبر ١٠ مرات من المقياس الأفقى أى بالغنا فى التضاريس ١٠ مرات ويسمى هذا التكبير بنسبة المبالغة أو قيمة المبالغة. ولذلك لابد أن يكتب مقدار المبالغة أسفل القطاع مع المقياسين الأفقى والرأسى.

ولتحديد مقدار المبالغة يتبع القانون التالى :

$$\frac{\text{قيمة وحدة المقياس الأفقى بالمتر (أو بالقدم)}}{\text{قيمة الفاصل الرأسى بالمتر (أو بالقدم)}}$$

ويوضح الناتج ما إذا كان القطاع سيرسم بمبالغة رأسية أو بدونها، كما يمكن أن يحدد المقدار المناسب للمبالغة قبل البدء فى الرسم.

ففى خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠,٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل رأسى ١٠٠ م فإن ناتج القانون السابق

= $\frac{\text{وحدة المقياس الأفقى}}{\text{قيمة الفاصل الرأسى}}$ = $\frac{١٠٠}{١٠٠}$ = ١ وهذا يعنى أن مقياس رسم المحور الأفقى يناسب تماماً المحور الرأسى.

وفى خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠,٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل رأسى ١٠٠ م فإن ناتج القانون = $\frac{٢٠٠}{١٠٠}$ = ٢ أى أنه إذا رسم المحور الرأسى بمقياس كل ١ سم به يساوى قيمة الفاصل الرأسى (١٠٠م)، فإن المبالغة بالنسبة للمقياس الأفقى تكون مرتان. وهنا يحسن رسم المحور الرأسى بدون مبالغة وذلك برسم كل ١ سم = ٢٠٠ م أى أن قيمة الفاصل الرأسى على المحور الرأسى = $\frac{١}{٢}$ سم

وفى خريطة مقياس رسمها ١ : ٣٠٠,٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل رأسى ٥٠ م فإن ناتج القانون = $\frac{٣٠٠٠}{٥٠}$ = ٦٠ أى أن نسبة المبالغة = ٦٠ مرة. ولكن مقدار المبالغة هنا كبير ولن يعطى فكرة صحيحة عن أشكال منحدرات أو قيم إنحدار سطح الأرض. وفى هذه الحالة ينبغى تصغير قيمة المبالغة إلى أقصى حد ممكن وليكن كل ٢ ملليمتر على المحور الرأسى = ٥٠ م أى كل ١ سم = ٢٥٠ م فتكون المبالغة ١٢ مرة فقط. وفى الحالات التى يتعذر فيها إختيار نسبة مبالغة معقولة يفضل تكبير مقياس الرسم الأفقى للقطاع.

ويمكن تحديد قيمة المبالغة الرأسية بناء على قيمة التضاريس النسبية التى يمر بها خط القطاع، أى بناء على الفرق بين أعلى منسوب وأقل منسوب يمر به خط القطاع. ففى الخريطة الطبوغرافية المصرية مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠٠ والتى رسمت بها خطوط كنتور بفاصل كنتورى قدره ٢٠ متراً ، يمكن إقتراح مقياس رسم للمحور الرأسى أى قيمة مبالغة بناء على قيمة التضاريس النسبية كالتالى :

قيمة التضاريس النسبية	مقياس الرسم المقترح للمحور الرأسى	قيمة المبالغة
أقل من ٥٠ م	١ ٢٥٠٠	٢٠ مرة
٥٠ – ١٠٠ م	١ : ٥٠٠٠	١٠
١٠٠ – ٢٠٠	١ : ١٠٠٠٠	٥
٢٠٠ – ٣٠٠	١ : ١٥٠٠٠	٣,٣
٣٠٠ – ٤٠٠	١ : ٢٠٠٠٠	٢,٥
٤٠٠ – ٥٠٠	١ : ٢٥٠٠٠	٢
٥٠٠ – ٦٠٠	١ : ٣٠٠٠٠	١,٦٧
٦٠٠ – ٨٠٠	١ : ٤٠٠٠٠	١,٢٥
٨٠٠ – ١٠٠٠	١ : ٥٠٠٠٠	١
أكبر من ١٠٠٠م	١ : ٥٠٠٠٠	١

وهناك شبه إتفاق فى القطاعات المرسومة من الخرائط الإنجليزية على أن تكون نسبة المبالغة على النحو الآتى:

المقياس	شكل التضاريس ومقدار المبالغة		
	تضاريس حادة	تضاريس متوسطة	تضاريس ضحلة أو باهتة
١ : ٦٣٣٦٠	١,١٠	٢,٥٠	٥,٢٥
١/٢ بوصة للميل	١,٥٠	٢,٥٠	٥,٢٥
١/٤ بوصة للميل	٤,٢٥	٤,٢٥	١٠,٠٠

وعلى غرار النسب المتبعة فى القطاعات الإنجليزية وضع الجدول التالى بالنسبة للمقاييس الفرنسية المستعملة فى الخرائط المصرية.

المقياس	شكل التضاريس ومقدار المبالغة		
	تضاريس حادة	تضاريس متوسطة	تضاريس ضحلة أو باهتة
١ : ٢٥,٠٠٠	١	١	٢
١ : ٥٠,٠٠٠	١	١,٥	٢,٥
١ : ١٠٠,٠٠٠	١	١,٥	٣
١ : ٢٥٠,٠٠٠	٤	٤	١٠,٥
١ : ٥٠٠,٠٠٠	٨	٨	٢٠

٥ – بعد رسم المحور الأفقى وبعد تحديد مقدار المبالغة المناسب ورسم المحور الرأسى على أساسه وجرى تدريجه، تقام أعمدة من النقط المختلفة التى رسمت على قاعدة القطاع بحيث يكون طول كل عمود مناسب للمنسوب المدون أسفل كل نقطة حسب مقياس الرسم المنتخب للمحور الرأسى.

٦ – يوصل بين أطراف هذه الأعمدة بدون إستعمال المسطرة لأنه لايوجد جزء من سطح الأرض مستو تماماً إلا فى حالة مرور خط القطاع بسطح مائى ثابت كالبحيرات أو عند تماس خط القطاع لخط كنتور. وفى حالة ما إذا كان خط القطاع يمر بنقطتين متساويتين فى المنسوب يرسم خط القطاع بينهما على شكل منحنى إلى أعلى أو منحنى إلى أسفل وذلك بالرجوع إلى الخريطة الكنتورية نفسها، فإذا كانت المنطقة المحصورة بين هاتين النقطتين تقع أعلى من منسوبيهما جرى التوصيل بخط منحنى إلى أعلى والعكس صحيح.

٧ – يكتب على القطاع أسماء أشكال السطح أو الأسماء الأخرى المذكورة على الخريطة الكنتورية ويمر بها خط القطاع مثل نهر كذا أو بحيرة كذا.

٨ – يكتب أسفل القطاع أو فى مكان مناسب منه المقياس الأفقى والمقياس الرأسى ونسبة أو مقدار المبالغة، وكذلك الإتجاهات على طرفيه لمعرفة التوجيه الصحيح للقطاع، وأيضاً الحرفان الأبجديان المحددان لبدايته ونهايته مثل أ ، ب.

القطاعات التضاريسية غير المستقيمة :

قد تدعو الحاجة إلى رسم قطاعات لظاهرات تمتد على شكل خطوط متعرجة أو منحنية وفى هذه الحالة لايمكن رسمها بواسطة الورقة ذات الحافة المستقيمة. ومن أمثلة هذه القطاعات غير المستقيمة تلك التى تنشأ على طول محور سلسلة جبلية (خط تقسيم مياه أو محور أراضى مابين الأودية) أو مثل قطاع طولى لمجرى مائى أو محور وادى جاف.

وتنحصر المشكلة عند إنشاء مثل هذه القطاعات غير المستقيمة فى صعوبة توقيع النقط التى تتقاطع فيها خطوط الكنتور مع هذا الخط المتعرج، وللتغلب عليها يستعمل الفرجار ذو السنين (المقسم). ويستخدم هذا الفرجار فى فرد الخط المتعرج الفاصل بين خطوط الكنتور أو فرد خط المجرى النهرى وتوقيعه على قاعدة القاع. وطريقة الرسم هى :

١ – يرسم خطاً أفقياً يكون هو قاعدة القطاع (المحور الأفقى للقطاع).

٢ – يرسم عند الطرف الأيسر للمحور الأفقى أو عند الطرف الأيمن عموداً (المحور الرأسى) يحدد عليه المناسيب بنسبة المبالغة المناسبة، ويرسم هذا المحور الرأسى على طرف واحد فقط من المحور الأفقى لحين الإنتهاء من رسم القطاع فيرسم المحور الرأسى الآخر. ذلك لأن طول المحور الأفقى فى هذه الحالة ليس هو الخط أو المسافة المباشرة بين بداية القطاع ونهايته على الخريطة الكنتورية، ولكن طول خط المجرى النهرى أو خط محور السلسلة الجبلية.

٣ – يفتح المقسم فتحة صغيرة ولتكن ٣ ملليمتر، ويوضع عند بداية خط القطاع وينقل فوقه متتبعاً تعاريجه حتى إلتقائه بأول خط كنتور. وبمعرفة عدد النقلات وضربها فى سعة فتحة المقسم يتم الحصول على طول الجزء من القطاع من بدايته حتى إلتقائه بأول خط كنتور. فإذا كان عدد النقلات ١٠ وسعة المقسم ٣ ملليمتر، إذن طول هذا الجزء ١٠ × ٣ = ٣٠ ملليمتر أى ٣ سم. وهكذا ينقل المقسم بنفس الفتحة على طول خط القطاع المتعرج من خط كنتور إلى آخر بالترتيب، وفى كل مرة يسجل حاصل ضرب عدد النقلات × السعة ويسجل الناتج فى ورقة خارجية مساعدة لتجنب الوقوع فى الخطأ أو السهو حتى نهاية القطاع، كما فى الجدول التالى :

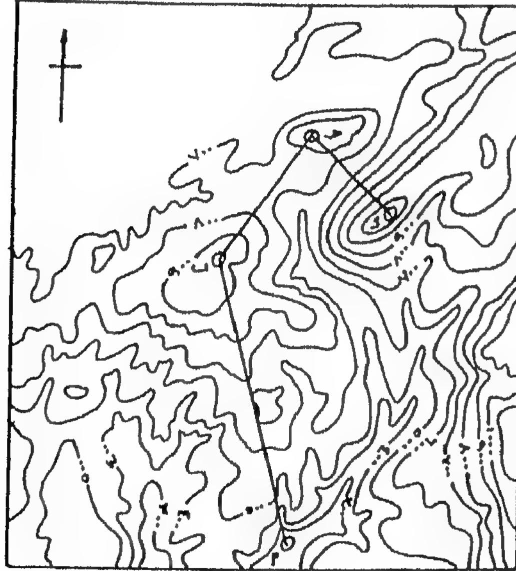
النقطة	المسافة بين خطوط الكنتور على القطاع	المنسوب
١ (بداية القطاع)	صفر	فوق منسوب ١٠٠٠ م مثلاً
٢	٣,٠سم (١٠ × ٣ = ٣٠ مللم)	١٠٠٠
٣	٣,٦سم (١٢ × ٣ = ٣٦ مللم)	٩٠٠
٤	٣,٦سم (١٢ × ٣ = ٣٦ مللم)	٨٠٠
٥	٠,٦سم (٢ × ٣ = ٦ مللم)	٧٠٠
٦	٣,٠سم (١٠ × ٣ = ٣٠ مللم)	٦٠٠
٧	٣,٠سم (١٠ × ٣ = ٣٠ مللم)	٥٠٠
٨	٤,٢سم (١٤ × ٣ = ٤٢ مللم)	٤٠٠
٩ (نهاية القطاع)	٢,٧سم (٩ × ٣ = ٢٧ مللم)	أقل من ٤٠٠ وأعلى من منسوب ٣٠٠

٤ - توقع هذه المسافات على المحور الأفقى للقطاع، ويقام عند كل نقطة عمود يتناسب طوله مع المنسوب الخاص به حسب مقياس رسم المحور الرأسى.

٥ - يتم توصيل أطراف الأعمدة بخط منحنى فى حالة قطاعات محاور السلاسل الجبلية وبخط منكسر (بالمسطرة) فى حالة القطاعات الطولية للمجارى المائية ومحاور الأودية الجافة.

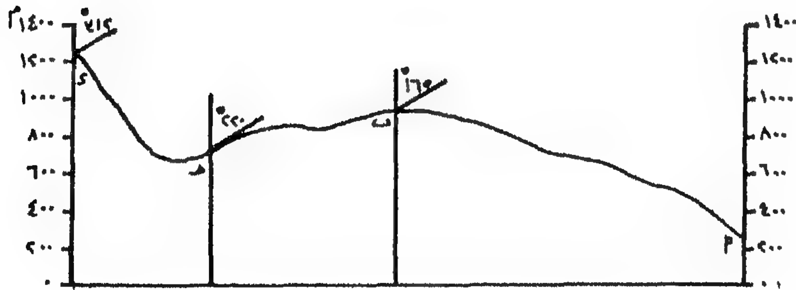
القطاعات الزجزاجية :

وهناك نوع آخر من القطاعات غير المستقيمة تعرف بالقطاعات الزجزاجية وهى تمتد على شكل خط مستقيم متكسر لايسير فى إتجاه واحد. والغرض من مثل هذا القطاع هو الإلمام بفكرة واضحة عن تضاريس أجزاء من المنطقة الممثلة على الخريطة ، بالإضافة إلى الخريطة الكنتورية نفسها. (شكل ٤٦).



شكل (٤٦)

وطريقة رسم هذا القطاع لاتختلف عن طريقة رسم القطاع التضاريسى البسيط ولكن بشئ من التعديل، وذلك بنقل نقط تقاطع خطوط الكنتور مع كل جزء من أجزاء خط القطاع على شريط طويل من الورق يكفى لنقل كل النقط الموجودة على طول كل هذه الأجزاء كما لو كانت خطاً مستقيماً واحداً. وبطبيعة الحال يجرى وضع حافة الورقة المستقيمة على كل جزء من الخط كيفما كان إتجاهه أثناء عملية النقل، مع توضيح نقط تغير إتجاه أجزاء خط القطاع. يرسم القطاع كالمعتاد على محورين أفقى طوله يساوى إجمالى طول الخط المنكسر ورأسى مبين عليه المناسيب. يحدد على المحور الأفقى نقط تغير إتجاه أجزاء خط القطاع ويقام منها أعمدة حتى القطاع المرسوم وتمد على إستقامتها خارجة بمسافة مناسبة. ومن نقط تقاطع هذه الأعمدة مع القطاع يرسم خط مائل بأى زاوية يكتب عليها زاوية إنحراف أجزاء خط القطاع عن الشمال أو زاوية الإتجاه بين أجزاء خط القطاع. (شكل ٤٧).



شكل (٤٧)

فائدة القطاعات العرضية للأودية والطولية لمجاريها النهرية فى الدراسات الجيومورفولوجية:

يمثل القطاع العرضى للوادى شكل الوادى من جانب إلى الجانب الآخر، فهو خط يصل بين نقطتين على جانبى الوادى ماراً بقاعه وبالمجرى، ومن ثم فإن عادة مايكون علىْ شكل خط مستقيم عمودى على إتجاه الوادى ولكن هناك حالات يجب فيها تعديل إتجاه خط القطاع حتى يكون معبراً تعبيراً صحيحاً عن شكل الوادى وإنحدار جانبيه، لذا فقد يمتد على شكل خط منكسر عبر الوادى حتى تكون أجزاء خط القطاع عمودية على خطوط الكنتور.

ويوضح القطاع العرضى للوادى الشكل العرضى للوادى من حيث إتساعه العام ودرجة إنحدار جانبيه ومدى إتساع قاعه والتفاصيل الثانوية الأخرى التى تظهر فى إنحدارات القطاع، وأيضاً تحديد الوضع الجيومورفولوجى لهذا الوادى من دورة التعرية، فقد يكون وادياً عادياً فى مرحلة ما (الشباب – النضج – الكهولة)، أو يعطى صورة عن أجزاء هذا الوادى (العليا والوسطى والدنيا). ولعل من أوضح الظواهر التى تبرزها هذه القطاعات هى ظاهرة مصاطب الأودية والتى يمكن إرجاعها لأكثر من سبب من الأسباب الآتية :

١ – عدم تسوية منحدرات جوانب الأودية فى المناطق التى يختلف فيها نوع الصخر من حيث صلابته ودرجة مقاومته لعوامل التعرية.

٢ – نتيجة لعملية التجديد أى هبوط مستوى القاعدة.

٣ – تأثر الوادى النهرى بالتغير فى الظروف المناخية.

وهناك ظاهرة أخرى تصورها هذه القطاعات العرضية للأودية وهى عدم التناسق، وتتصف بهذا الشكل الأودية النهرية التى تسير موازية لخطوط المضرب المعروفة باسم الأودية التالية Subsequent Valleys.

والقطاع الطولى له أهمية خاصة فى الدراسات الجيومورفولوجية، إذ يوضح درجات الإنحدار المختلفة من منبع النهر إلى مصبه. وترتبط الإختلافات فى درجات الإنحدار بعوامل جيومورفولوجية مثل مقدرة النهر على النحت أو الإرساب والمرحلة التى يمكن أن يكون عليها النهر فى دورة التعرية. كما تظهر على القطاع الطولى أجزاء يشتد فيها الإنحدار وتبدو على شكل مساقط مائية. وتلفت هذه الظاهرة على القطاع الطولى نظر الدارسين إلى أسئلة هامة تتعلق بكيفية نشأة هذه المساقط المائية. كما أن القطاع الطولى يوضح بصفة عامة المناطق التى توجد بها فرصة أكبر للتبخر.

وتعطى القطاعات الطولية للأنهار فكرة عن مراحل تطورها، فإذا كان القطاع قليل الإنحدار مقعراً دل على أن النهر قد وصل مرحلة التعادل. أما إذا وجدت عليه بعض النقط التى تزداد عندها سرعة جريان النهر فهذه يمكن إرجاعها إلى أكثر من سبب.

١ – تأخر فى عملية تسوية النهر لقاعه وذلك لوجود صخور صلبة، وهذا بالطبع يمكن التحقق منه بالرجوع إلى الخريطة الجيولوجية، وكذلك التعرف على الظاهرات الجيومورفولوجية التى نشأت على جانبى الوادى نتيجة لوجود هذه الصخور.

٢ – تأثر النهر بعملية التجديد خاصة إذا كان هذا المسقط المائى الظاهر على القطاع مرتكزاً على تكوينات جيولوجية لينة.

٣ – تأثر النهر وواديه بالتغير فى الظروف المناخية مثل تأثره بالتعرية الجليدية بمعنى مداهمة الجليد للوادى النهرى وتحويله إلى وادى جليدى ثم عودة الوادى إلى طبيعته النهرية.

وإذا ما تبين للدارس أسباب هذه المساقط أمكنه من معرفة مناسيب تلك التى

ترجع إلى هبوط مستوى القاعدة التعرف على المناسيب التقريبية لمستوى مياه البحار التى كانت تصب فيها هذه الأنهار.

ولكى تتضح الخصائص الجيومورفولوجية للأودية النهرية والربط بين نقط التجديد على القطاعات الطولية للمجارى النهرية والمصاطب النهرية التى تظهر على القطاعات العرضية، يحسن رسم القطاعات العرضية للأودية مع القطاعات الطولية للأنهار.

القطاعات العرضية للأودية على القطاع الطولى للنهر:

يمثل كل من القطاع الطولى للنهر والقطاع العرضى للوادى إنحدار سطح الأرض بين نقطتين، الأول يبين إنحدار المجرى، والثانى يبين إنحدار سطح الأرض من نقطة على محور أراضى مابين الأودية على جانب الوادى إلى النقطة المقابلة على محور أراضى مابين الأودية على الجانب الآخر. وكما أشرنا من قبل فإن هذين القطاعين يعطيان فكرة عن مراحل تطور الأنهار وأوديتها، وكذلك الخصائص الجيومورفولوجية لعناصر الوادى من المنبع إلى المصب.

ولكى يسهل الربط بين درجة وشكل إنحدار المجرى النهرى ودرجة وشكل إنحدار قاع وجانبا الوادى، فقد اعتاد الجيومورفولوجيين رسم القطاعات العرضية لأجزاء مختلفة من الوادى على القطاع الطولى للنهر، قطاع عند نقطة ما فى منطقة المنبع، وقطاع ثان فى الجزء الأوسط، وقطاع ثالث فى منطقة المصب. وعادة لاتكفى هذه القطاعات الثلاثة، بل قد تدعو الحاجة إلى رسم مجموعة من القطاعات العرضية حتى يمكن تبين العلاقة بين مجرى النهر وجانبى واديه بوضوح.

ولرسم القطاعات العرضية لأجزاء الوادى على القطاع الطولى لمجراه يجرى الآتى:

١ – تخطط القطاعات العرضية على الخريطة الكنتورية، وبنفس الشروط السابق ذكرها فى رسم القطاعات العرضية.

٢ – عند نقل نقط تقاطع خطوط الكنتور مع المجرى النهرى لرسم القطاع الطولى ينقل معها أيضاً نقط تقاطع القطاعات العرضية مع المجرى.

٣ – بعد رسم القطاع الطولى لمجرى النهر يحدد عليه نقط تقاطعه مع القطاعات العرضية.

٤ – يؤتى بشريط الورق ويوضع فوق خط القطاع العرضى وتنقل عليه نقط تقاطعه مع خطوط الكنتور ونقطة تقاطعه مع المجرى النهرى.

٥ – توضع نقطة تقاطع القطاع العرضى مع المجرى المسجلة على شريط الورق فوق النقطة المناظرة لها على القطاع الطولى، بحيث تكون حافة شريط الورق موازية للمحور الأفقى للقطاع الطولى.

٦ – يرسم القطاع العرضى بحيث يمر الخط المقعر الواصل بين النقطتين الواقعتين على جانبى نقطة تقاطع القطاع العرضى بالمجرى بنقطة تقاطع القطاع العرضى بالقطاع الطولى.

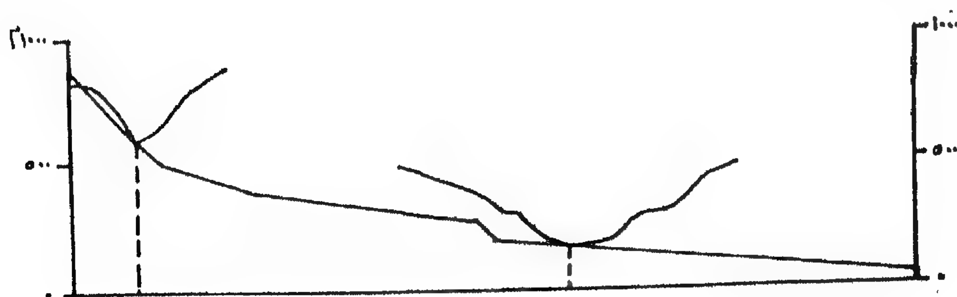
٧ – ترسم عادة القطاعات العرضية للوادى فى أحباسه المختلفة (الأعلى والأوسط والأدنى) بنفس قيمة المبالغة فى مقياس رسم المحور الرأسى للقطاع الطولى للمجرى. وفى هذه الحالة لايرسم القطاع العرضى محصوراً بين قاعدة ومحورين رأسيين.

ولكن أحياناً ترسم بعض القطاعات العرضية بدون مبالغة رأسية، ويرجع ذلك إلى كبر الفارق الرأسى بين قاع الوادى ومحور أراضى مابين الأودية على الجانبين، وعندئذ يرسم القطاع بين قاعدته ومحوريه الرأسيين الأيمن والأيسر، ويدرج المحوران بنفس مقياس رسم المحور الأفقى للقطاع الطولى.

وفى أحيان أخرى عند رسم القطاع العرضى للوادى فى منطقة المصب حيث القاع متسع والجانبان محدودا الإرتفاع، يصبح مقياس رسم المحور الرأسى - بنسبة المبالغة أو بدونها - للقطاع الطولى لمجرى غير مناسب، لذا تستخدم قيمة مبالغة مغايرة مناسبة لقيم المناسيب لهذا القطاع العرضى، كما يجب حصر القطاع بين قاعدة ومحورين، ويجب تدريج المحور الرأسى حسب مقياس الرسم المنتخب.

وعلى ذلك قد يتغير المقياس الرأسى من قطاع لآخر مما يضلل عملية المقارنة والدراسة. لذلك يفضل أن ترسم جميع القطاعات العرضية بنفس مقياس الرسم المستخدم فى القطاع الطولى دون النظر إلى طبيعة المناسيب. فالهدف من تلك القطاعات العرضية للوادى المنشأة على القطاع الطولى لمجراه هو تبين العلاقة بين الظواهر الجيومورفولوجية على طول المجرى وعلى جانبى الوادى كما توضحها تلك القطاعات. (شكل ٤٨).

٨ - إذا كان تخطيط القطاع العرضى فى منطقة المنبع بالقرب من نقطة بداية المجرى، وفى منطقة المصب بالقرب من نهاية المجرى، فإن تلك القطاعات سوف تمتد خارج المحورين الرأسيين الأيمن والأيسر للقطاع الطولى، ولذا يفضل فنياً زحزحة المحورين إلى الخارج مع بقاء القطاع الطولى كما هو دون مده إليهما.



شكل (٤٨)

٩ - كثيراً ما تتقاطع القطاعات العرضية مع بعضها ومع القطاع الطولى للمجرى، ولذا يجب تسمية القطاعات أبجدياً أو رقمياً على الخريطة الكنتورية وبنفس التسمية على القطاعات أو ترميزها برمز أو تلوينها بلون مختلف.

القطاعات الطولية للمجرى النهرى الرئيسى وروافده :

تهدف تلك القطاعات إلى إبراز العلاقة بين نظم الأودية النهرية وإنخفاض مستويات قواعدها، وإبراز تأثير إختلاف توزيع الصخور الصلبة والصخور الضعيفة فى الحوض النهرى. تلك الإختلافات التى تتضح على القطاع الطولى للنهر فى صورة عدم إنتظام فى الإنحدار العام. وتعرف نقط التغير فى إنحدار المجرى النهرى والتى تظهر على القطاع الطولى بنقط التجديد Knick Point، تنشط عندها عملية النحت الرأسى. وتتراجع تلك النقط صاعدة نحو المنابع فتتأثر بها الأجزاء من الأنهار التى تلحقها تلك النقط. بمعنى أنه إذا كانت للنهر الرئيسى روافد فإنها ستتأثر أيضاً بتراجع تلك النقط، أى أنها ستكون ممثلة على النهر الرئيسى وعلى كل روافده التى تنتهى إليه فى مواضع أدنى من موضع نقط التجديد على النهر الرئيسى.

ولاتختلف طريقة رسم القطاعات الطولية للروافد مع القطاع الطولى للنهر الرئيسى عن طريق رسم القطاع الطولى إلا فى ناحية واحدة هى أن يبدأ رسم القطاع الطولى لكل رافد من نقطة إلتقائه بالنهر الرئيسى وإلى ناحية المنبع، وذلك على النحو التالى :

١ - يحدد على القطاع الطولى للنهر الرئيسى نقطة إتصال الرافد به، وذلك بقياس المسافة بالديفيدر من أقرب نقطة كنتور إليها.

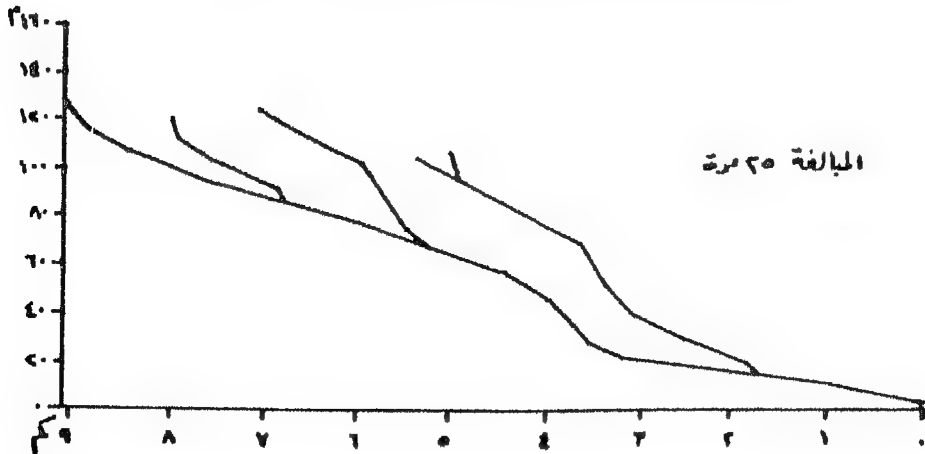
٢ - تقاس المسافة من نقطة إتصال الرافد بالنهر الرئيسى إلى أول خط كنتور يتقاطع مع الرافد، ثم تقاس المسافات بين خطوط الكنتور على طول المجرى الرافدى وتسجل فى ورقة خارجية.

٣ - توقع المسافات على المحور الأفقى للقطاع بدءاً من نقطة إلتقاء الرافد بالنهر وبإتجاه أعالى القطاع الطولى للنهر الرئيسى. ويقام عند كل نقطة مسافة عمود يتناسب طوله مع المنسوب الخاص به حسب مقياس رسم المحور الرأسى. وتوصل أطراف تلك الأعمدة بخط منكسر. وبذلك ينتج القطاع الطولى للرافد متصل بالقطاع الطولى للنهر الرئيسى.

٤ - يكرر العمل بالنسبة لبقية الروافد بنفس الطريقة، ويلاحظ أن أعالى القطاعات الرافدية فى إتجاه واحد مع إتجاه أعالى قطاع النهر الرئيسى.

٥ - قد تتقاطع القطاعات الطولية للروافد مع بعضها ومع قطاع النهر الرئيسى، ولكن يلاحظ دائماً أن كل قطاع طولى رافدى لابد أن يتصل بالقطاع الطولى للنهر الرئيسى من منسوب أعلى منه.

٦ - إذا كان أحد الروافد يتصل بالنهر الرئيسى بالقرب من منطقة منابعه العليا، فإن القطاع الطولى لهذا الرافد سوف يمتد خارج المحور الأيسر للقطاع، وفى هذه الحالة يفضل زحزحة هذا المحور إلى الخارج. (شكل ٤٩).



قطاعات طولية لوادى أم أشطان وروافده الرئيسية (منطقة مرسى مطروح)

شكل (٤٩)

القطاعات المتداخلة (المنطبعة) Superimposed Profiles :

تدعو الحاجة أحياناً إلى رسم مجموعة من القطاعات فى شكل بيانى واحد لإبراز ظاهرة معينة أو أكثر فى جزء من سطح الأرض. ولرسم هذه القطاعات، يرسم على الخريطة مجموعة من الخطوط المتوازية على أبعاد متساوية، ويرسم على إمتداد هذه الخطوط قطاعات تضاريسية على محور أفقى واحد ومحور رأسى تتمثل عليه أقل المناسيب وأعلاها. وبطبيعة الحال سوف تتقاطع هذه القطاعات مع بعضها البعض أى أن الأجزاء المرتفعة من القطاع الأول لاتخفى الأجزاء المنخفضة للقطاعات التى تليه كما لو كانت الأرض شفافة. (شكل ٥٠).

ويبين هذا النوع من القطاعات العلاقة بين مستوى سطح الأرض ومستوى القاعدة، وبين قيعان الأودية وقمم التلال التى توجد على جانبيها فى الأجزاء الدنيا أو الوسطى لهذه الأودية. ويبين أيضاً مستوى القمم التى يمكن أن تكون بقايا أسطح تعرية قديمة أصابها التقطع وأظهرتها عوامل التعرية بهذا المظهر بعد هبوط مستوى القاعدة. ويفضل فى هذه الحالة وضع التكوينات الجيولوجية على هذه القطاعات للتحقق من أصل نشأة هذه القمم.

وقد تدعو الحاجة إلى رسم مجموعة من القطاعات المنطبعة لمناطق مختارة من خرائط مختلفة للمقارنة بينهما، وإبراز صفات معينة فى كل من الأسطح التى يمثلها القطاع، والوقوف على مدى التشابه والإختلاف وبطبيعة الحال يفضل أن تكون هذه الخرائط موحدة المقياس.

القطاعات البانورامية Projected Profiles :

لما كانت القطاعات المتداخلة تعطى مجموعة معقدة من القطاعات، فإنها ذات فائدة محدودة تنحصر فى توضيح مستويات القمم ومستويات المناطق المنخفضة، فقد استخدمت طريقة أخرى لاتظهر إلا الأجزاء المرتفعة من كل قطاع، وتعرف هذه الطريقة باسم القطاعات البانورامية.

ترسم هذه القطاعات بنفس طريقة القطاعات المتداخلة السابقة، ولكن تمحى الأجزاء التى يقل منسوبها عن منسوب القطاع الأول. ويعنى هذا أن القطاع الأول فى مقدمة الشكل سيكون كاملاً، أما القطاع الذى يليه فلن ترسم منه إلا الأجزاء التى تزيد فى إرتفاعها عنه، كذلك يظهر من القطاع الثالث الأجزاء التى ترتفع عن منسوب القطاعين الأول والثانى، وهكذا. (شكل ٥١)

القطاع المركب Composite Profile :

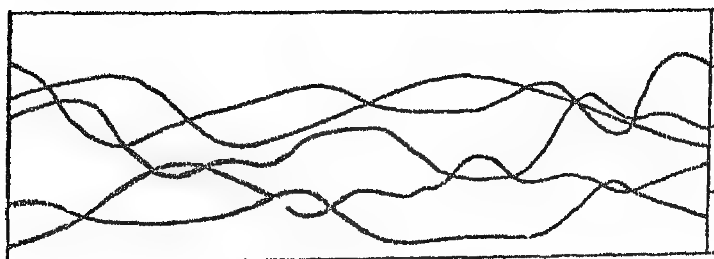
يبين القطاع المركب خط إلتقاء قمم التضاريس مع السماء كما لو كان ينظر إلى سطح الأرض من نقطة لا نهائية فى مستوى أفقى، لذا فإنه يمكن أن يطلق عليه اسم قطاع خط الأفق. وهناك طريقتان لإنشاء هذا القطاع :

الطريقة الأولى : رسم قطاعات بانورامية بالقلم الرصاص أولاً ثم تحبير الخط الذى يضم قمم تلك القطاعات فينتج القطاع المركب المطلوب. (شكل ٥٢).

الطريقة الثانية : ويتم إنشاء القطاع بها بالخطوات التالية :

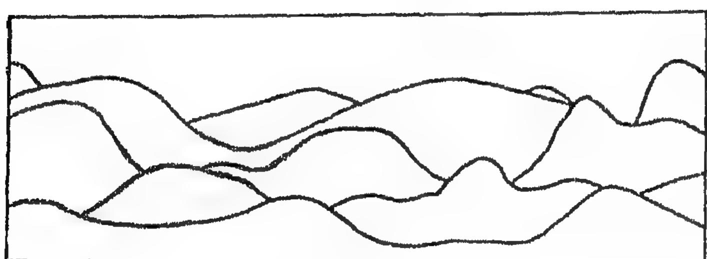
١ - ترسم خطوط متوازية وعلى مسافات متساوية بالقلم الرصاص الخفيف على إمتداد الخريطة الكنتورية، بشرط أن تكون عمودية قدر الإمكان على محور الأرض المرتفعة التى تمثل العمود الفقرى لتضاريس المنطقة.

٢ - يحدد على كل خط من هذه الخطوط نقطة تقاطعه مع أعلى خط كنتور يمر به أو أعلى نقطة منسوب يمر بها، وسوف يحجب هذا المنسوب المرتفع كل الأرض الواقعة خلفه على إمتداد ذلك الخط. وإذا كان هذا المنسوب المرتفع يتكرر أكثر من مرة على إمتداد الخط فيكتفى بتحديد القيمة، لأن العبرة عند إنشاء هذا القطاع هو قيمة المنسوب وليس موقعه.



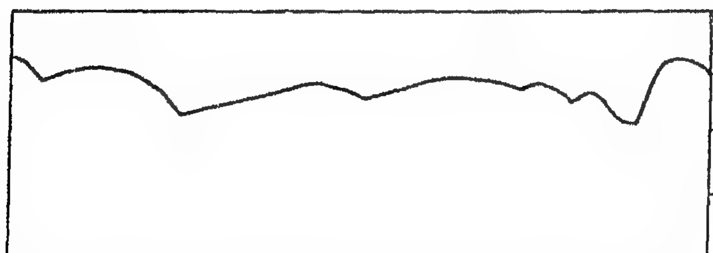
قطاع متداخل

شكل (٥٠)



قطاع بانورامى

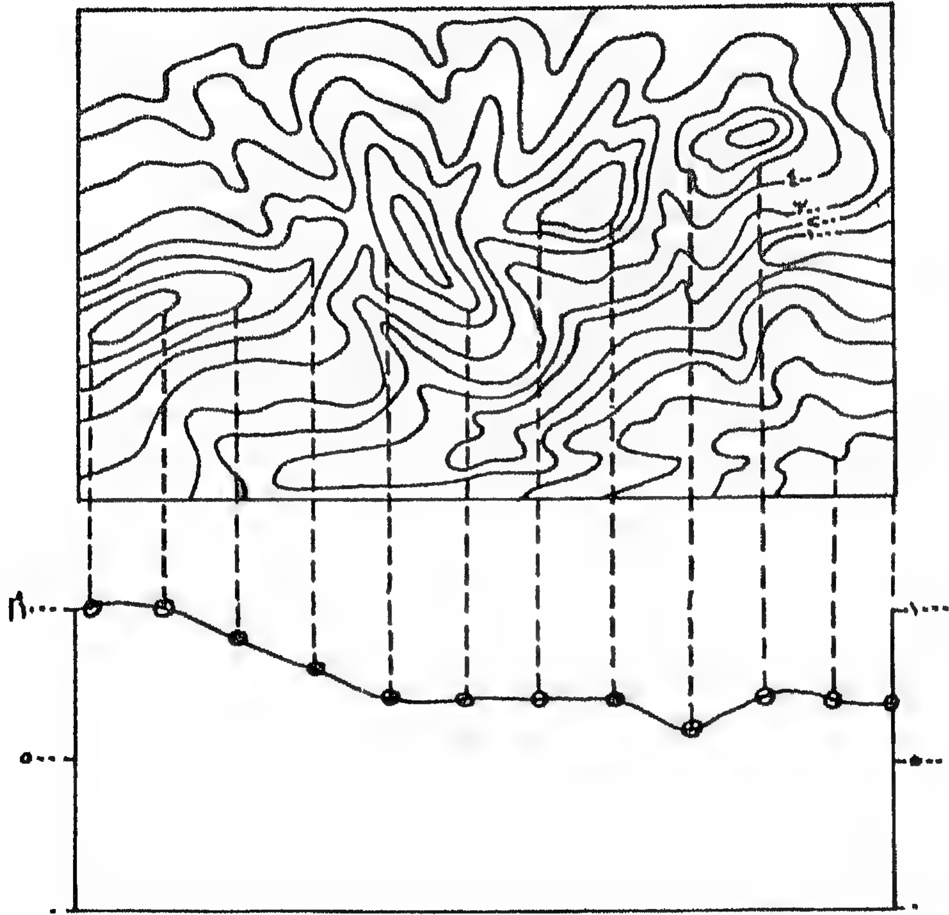
شكل (٥١)



قطاع مركب

شكل (٥٢)

٣ - يرسم المحور الأفقى للقطاع ويحدد عليه نقط مواقع الخطوط المتوازية، وتقام منها أعمدة يتناسب طولها مع أقصى إرتفاع تمر به حسب مقياس المحور الرأسى، ثم توصل أطراف الأعمدة فينتج القطاع المركب. (شكل ٥٣).



شكل (٥٣)

الفصل الرابع
القطاعات البيانية المساحية
من الخريطة الكنتورية

- المنحنى الهبسومترى.
- المنحنى الكلينوجرافى.
- الهستوجرام الألتيمترى.

الفصل الرابع

القطاعات البيانية المساحية

من الخريطة الكنتورية

تهدف هذه القطاعات إلى إبراز عنصرى الإستواء والإنحدار لسطح الأرض، ويعتمد فى رسمها على معرفة المساحة المحصورة بين كل كنتور وآخر أو المساحة المحصورة بكل خط كنتور عل يحدة. ويستخدم فى قياس المساحة جهاز البلانيمتر.

أولاً : المنحنى الهبسومترى Hypsometric Curve :

يعرف أحياناً بالمنحنى التكرارى المتجمع للمساحات أو نسبها المئوية. وهو عبارة عن خط بيانى يبين المساحة المحصورة بين خطى كنتور أو نسبة ما تشغله كل مساحة إلى المساحة الكلية للمنطقة الممثلة على الخريطة والمراد إنشاء منحنى هبسومترى لها. ولشرح طريقة إنشاء هذا المنحنى، نفرض أن هناك خريطة كنتورية لجزيرة تتوسطها منطقة مرتفعة يبلغ منسوبها ١٠٠٠م بفترة كنتورية ١٠٠م، ولرسم هذا المنحنى يجرى الآتى :

١ – تقاس المساحة الإجمالية التى يحدها خط كنتور صفر، ثم تقاس مساحة النطاقات المحصورة بين كل خط كنتور والذى يليه حتى خط كنتور ١٠٠٠. وتحول هذه المساحات بواسطة مقياس الرسم إلى مايقابلها من مساحة على الطبيعة بالكيلومتر المربع.

٢ – تحسب النسبة المئوية لمساحة كل نطاق إلى المساحة الإجمالية للجزيرة التى يحددها خط كنتور صفر، فإذا كانت المساحة المحصورة بخط كنتور صفر، ٢٥٠٠ كم٢ فإن :

مساحة النطاق الأول (صفر – ١٠٠م) = ٦٢٥كم^{٢} = $\frac{٦٢٥×١٠٠}{٢٥٠٠}$ =٢٥٪

مساحة النطاق الثانى (١٠٠ – ٢٠٠م) = ٤٧٥كم^{٢} = =١٩٪

مساحة النطاق الثالث (٢٠٠ – ٣٠٠م) = ٣٧٥كم^{٢} = =١٥٪

مساحة النطاق الرابع (٣٠٠ – ٤٠٠م) = ٣٠٠كم^{٢} = =١٢٪

مساحة النطاق الخامس (٤٠٠ – ٥٠٠م) = ٢٢٥كم^{٢} = =٩٪

مساحقة النطاق السادس (٥٠٠ – ٦٠٠م) = ١٥٠كم^{٢} = =٦٪

مساحة النطاق السابع (٦٠٠ – ٧٠٠م) = ١١٢,٥كم^{٢} = =٤,٥٪

مساحة النطاق الثامن (٧٠٠ – ٨٠٠م) = ٨٧,٥كم^{٢} = =٣,٥٪

مساحة النطاق التاسع (٨٠٠ – ٩٠٠م) = ٧٥كم^{٢} = =٣٪

مساحة النطاق العاشر (٩٠٠ – ١٠٠٠م) = ٥٠كم^{٢} = =٢٪

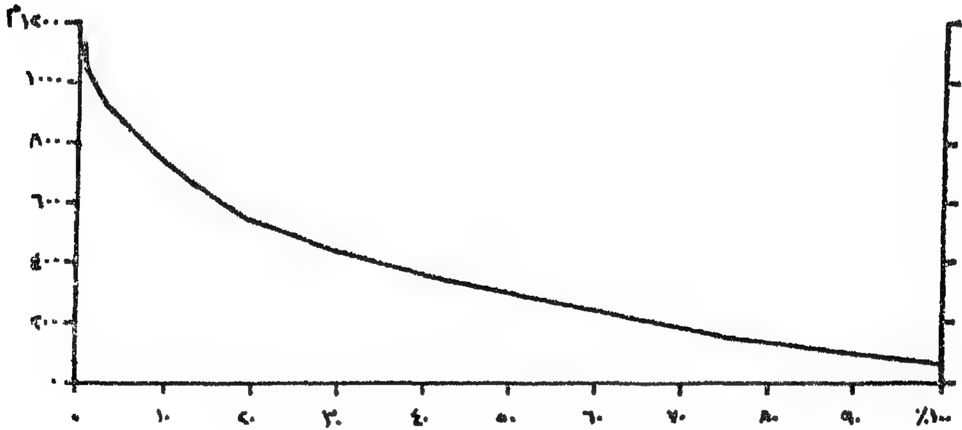
مساحة النطاق الحادى عشر (أعلى من ١٠٠٠م) = ٢٥كم^{٢} = =١٪

٢٥٠٠كم^{٢} = ١٠٠٪

٣ – يرسم محوران أحدهما أفقى يمثل ٢٥٠٠ كم^{٢} بمقياس رسم مناسب وليكن طوله ٢٥ سم أى كل ١ سم يمثل ١٠٠ كم^{٢} يبين المساحات الفعلية ويتم تدريجه من جانب واحد، أى يبين المساحات التى تتدرج من صفر إلى ٢٥٠٠ كم^{٢} ويقسم الجانب الآخر من خط المحور الأفقى تقسيماً مئوياً أى إلى ١٠ أقسام مثلاً كل قسم يمثل ١٠٪ أي ٢,٥ سم لكل ١٠٪، والآخر رأسى تدرج عليه الإرتفاعات من صفر إلى أكثر من ١٠٠٠م.

٤ – بعد رسم المحورين وتقسيمهما تعين إما المساحة الفعلية أو النسبة المئوية لكل نطاق على المحور الأفقى على أساس تجميعي، بمعنى جمع كل مساحة أو نسبة على المساحة أو النسبة السابقة أو المساحات أو النسب السابقة لها وتوقيع المجموع الكلى على المحور الأفقى. تقام من هذه النقط أعمدة حسب الإرتفاع الخاص بها، ثم توصل أطراف هذه الأعمدة بخط منكسر فينتج المنحنى المطلوب. (شكل ٥٤).

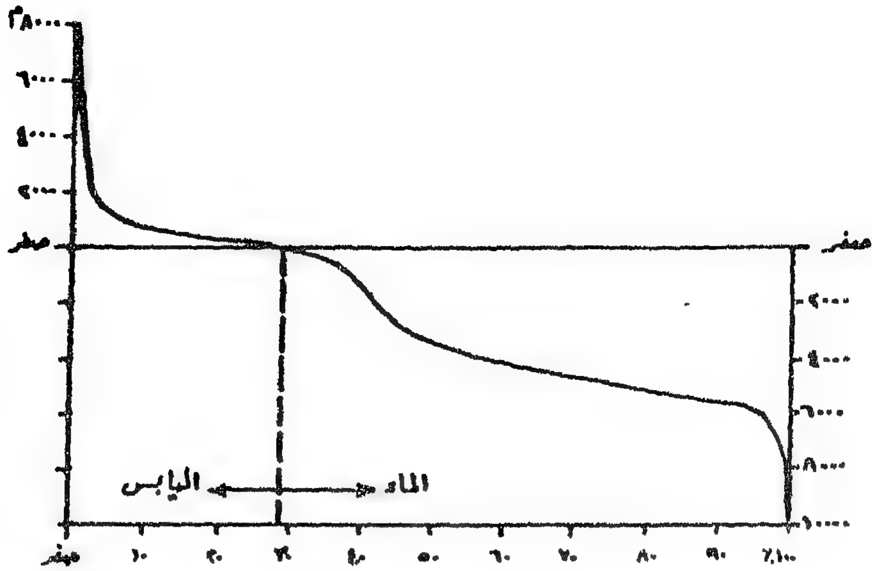
٥ – إذا تم رسم القطاع على أساس المساحات الفعلية التجميعية سمي بالمنحنى الهبسوجرافى، وإذا رسم على أساس النسب المئوية التجميعية سمي بالمنحنى الهبسومترى.



شكل (٥٤)

ومن أشهر المنحنيات الهبسومترية فى الدراسات الجغرافية المنحنى الهبسومترى لسطح كوكب الأرض، الذى يبين مقدار الإرتفاع الذى عليه القارات فوق مستوى سطح البحر، ومقدار الإنخفاض فى قيعان البحار والمحيطات فى الوقت الحاضر. (شكل ٥٥). وقد قام هذا المنحنى على الجدول التالى الذى يبين فئات مناسيب سطح القشرة الأرضية والمساحات المقابلة لكل فئة ونسبتها المئوية.

فئة المنسوب/ م	المساحة /مليون كم٢	النسبة المئوية	النسبة المئوية التجميعية
	أولاً : اليابــــس		
أعلى من ٥٠٠٠	٠,٥	٠,١	
٥٠٠٠ – ٤٠٠٠	٢,٥	٠,٥	٠,٦
٤٠٠٠ – ٣٠٠٠	٣	٠,٦	١,٢
٣٠٠٠ – ٢٠٠٠	١٠	٢,٠	٣,٢
٢٠٠٠ – ١٠٠٠	٢٤	٤,٧	٧,٩
١٠٠٠ – ٥٠٠	٢٧	٥,٣	١٣,٢
٥٠٠ – ٢٠٠	٣٣	٦,٥	١٩,٧
٢٠٠ – صفر	٤٨	٩,٤	٢٩,١
جملة اليابس	**١٤٨**	**٢٩,١**	
	ثانياً : المـــــاء		
صفر – ٢٠٠	٢٨,٥	٥,٦	٣٤,٧
٢٠٠ – ١٠٠٠	١٥,٥	٣,٠	٣٧,٧
١٠٠٠ – ٢٠٠٠	١٥,٠	٢,٩	٤٠,٦
٢٠٠٠ – ٣٠٠٠	٢٤,٥	٤,٨	٤٥,٤
٣٠٠٠ – ٤٠٠٠	٧١,٠	١٣,٩	٥٩,٣
٤٠٠٠ – ٥٠٠٠	١١٩,٠	٢٣,٣	٨٢,٦
٥٠٠٠ – ٦٠٠٠	٨٤,٠	١٦,٥	٩٩,١
أعمق من ٦٠٠٠	٤,٥	٠,٩	١٠٠,٠
جملة الماء	**٣٦٢**	**٧٠,٩**	



المنحنى الهبسومترى لسطح الأرض

شكل (٥٥)

ويتضح من المنحنى الهبسومترى لسطح الأرض أنه يمكن تقسيم اليابس إلى ثلاثة مستويات : مستوى السهول الذى يقع بين سطح البحر ومنسوب ١٠٠٠م، ومستوى الهضاب بين ١٠٠٠ ، ٣٠٠٠م ، ومستوى الجبال أعلى من ٣٠٠٠م . كما يمكن التعرف على المستويات البحرية الآتية : مستوى الأرصفة القارية ويضم كل أجزاء القارات المغمورة بالمياه وينحصر بين سطح البحر ومنسوب ٢٠٠ م تحت مستواه، والمنحدر القارى وينحصر بين منسوب ٢٠٠ ، ٢٤٤٠م تحت مستوى سطح البحر، ويفصل هذا المنحدر مستوى الأرصفة القارية عن مستوى قاع المحيط العميق الذى يبلغ متوسط عمقه ٦٢٧٠م تحت سطح البحر. أما المستوى الأخير فهو مستوى الأغوار السحيقة. والذى يصل عمقه إلى أكثر من ٧٠٠٠ م تحت مستوى سطح البحر.

وقد ساعد هذا المنحنى في الدراسات الخاصة بكثافة القشرة الأرضية وجاذبيتها ومغناطيسيتها، وكان وراء نشأة إقتراح تسمية شروط الإتزان التى بموجبها تتخذ الأرض تحت تأثير تلك الأثقال المختلفة على سطحها وتأثير قوى الجذب والطرد المركزى هذا الشكل التى هى عليه اسم التوازن الأرضى Isostasy.

ثانياً : المنحنى الكلينوجرافى Clinographic Curve :

هو خط بيانى يمثل متوسط درجة إنحدار سطح الأرض لكل من النطاقات المحصورة بين خطوط الكنتور، بالإضافة إلى عنصر المنسوب. ويرسم هذا المنحنى بدون مبالغة رأسية، ذلك لأن توقيع درجة الإنحدار المحسوبة يتم بالمنقلة. ولكن فى حالة تميز سطح الأرض بالإستواء نلجأ إلى المبالغة فى مقدار الزوايا بنسبة ثابتة.

طريقة حساب درجة الإنحدار بين خطوط الكنتور :

لشرح طريقة حساب درجة الإنحدار سوف نتناول مثال الجزيرة السابق للتوضيح ورسم المنحنى الكيلنوجرافى، ولتنفيذ ذلك يجرى الآتى :

١ – تقاس المساحات المحصورة بخطوط الكنتور، أى المساحة التى يحدها خط كنتور صفر وهى أكبر مساحة، ثم المساحة المحصورة بخط كنتور ١٠٠ ثم كنتور ٢٠٠، ... إلخ.

٢ – تعامل هذه المساحات وكأنها مساحات دوائر منتظمة ومنها يستنتج نصف القطر.

مساحة الدائرة = ط نق^{٢} ∴ نصف القطر (نق) = $\sqrt{\frac{\text{المساحة}}{\text{ط}}}$

مساحة دائرة خط كنتور صفر = ٢٥٠٠ كم^{٢} ، نصف القطر = $\sqrt{\frac{٢٥٠٠ \times ٧}{٢٢}}$ = ٢٨,٢٠ كم

مساحة دائرة خط كنتور ١٠٠ = ١٨٧٥ كم^{٢} ، نصف القطر = = ٢٤,٤٠ كم

مساحة دائرة خط كنتور ٢٠٠ = ١٤٠٠كم^{٢} ، نصف القطر = =٢١,١٠كم

مساحة دائرة خط كنتور ٣٠٠ = ١٠٢٥كم^{٢} ، نصف القطر = =١٨,٠٦كم

مساحة دائرة خط كنتور ٤٠٠ = ٧٢٥كم^{٢} ، نصف القطر = =١٥,١٩كم

مساحة دائرة خط كنتور ٥٠٠ = ٥٠٠كم^{٢} ، نصف القطر = =١٢,٦٠كم

مساحة دائرة خط كنتور ٦٠٠ = ٣٥٠كم^{٢} ، نصف القطر = =١٠,٥٥كم

مساحة دائرة خط كنتور ٧٠٠ = ٢٣٧,٥كم^{٢}، نصف القطر = =٨,٦٩كم

مساحة دائرة خط كنتور ٨٠٠ = ١٥٠كم^{٢} ، نصف القطر = =٦,٩١كم

مساحة دائرة خط كنتور ٩٠٠ = ٧٥كم^{٢} ، نصف القطر = =٤,٨٩كم

مساحة دائرة خط كنتور ١٠٠٠= ٢٥كم^{٢} ، نصف القطر = =٢,٨٠كم

٣ – تعتبر أنصاف أقطار الدوائر الممثلة للمساحات المحصورة بخطوط الكنتور هى الخطوة الأساسية فى حساب درجة الإنحدار بين كل خط كنتور وآخر. فالفرق بين نصفى قطر دائرتى خطى كنتور متتاليين يمثل متوسط المسافة الأفقية بين هذين الخطين، وبمعلومية مقدار الفارق الرأسى يمكن حساب درجة الإنحدار من القانون :

$$\text{ظا درجة الإنحدار} = \frac{\text{الفارق الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

أى قسمة الفارق الرأسى على الفرق بين طول نصف قطر دائرتى خطى الكنتور المتتاليين، وبالكشف عن الزاوية المقابلة لهذا الظل فى جدول الظلال ينتج درجة الإنحدار.

ظا الإنحدار بين صفر، ١٠٠م = ١٠٠ / ٣٨٠٠ = ٠,٠٢٦٣ = ١° ٣٠′

ظا الإنحدار بين ١٠٠، ٢٠٠م = ١٠٠ / ٣٣٠٠ = ٠,٠٣٠٣ = ١° ٤٤′

ظا الإنحدار بين ٢٠٠، ٣٠٠م = ١٠٠ / ٣٠٤٠ = ٠,٠٣٢٩ = ١° ٥٤′

ظا الإنحدار بين ٣٠٠، ٤٠٠م = ١٠٠ / ٢٨٧٠ = ٠,٠٣٤٨ = ٢° ٠٠′

ظا الإنحدار بين ٤٠٠، ٥٠٠م = ١٠٠ / ٢٥٩٠ = ٠,٠٣٨٦ = ٢° ١٢′

ظا الإنحدار بين ٥٠٠، ٦٠٠م = ١٠٠ / ٢٠٥٠ = ٠,٠٤٨٨ = ٢° ٤٨′

ظا الإنحدار بين ٦٠٠، ٧٠٠م = ١٠٠ / ١٨٦٠ = ٠,٠٥٣٨ = ٣° ٠٦′

ظا الإنحدار بين ٧٠٠، ٨٠٠م = ١٠٠ / ١٧٨٠ = ٠,٠٥٦٢ = ٣° ١٣′

ظا الإنحدار بين ٨٠٠، ٩٠٠م = ١٠٠ / ٢٠٢٠ = ٠,٠٤٩٥ = ٢° ٥٠′

ظا الإنحدار بين ٩٠٠، ١٠٠٠م = ١٠٠ / ٢٠٧٠ = ٠,٠٤٨٣ = ٢° ٤٦′

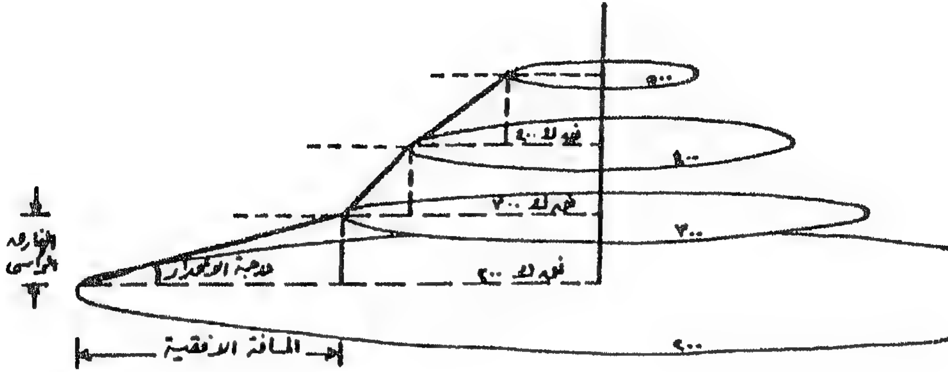
أما بالنسبة لدرجة الإنحدار بين القمة وخط كنتور ١٠٠٠م فيلزم معرفة منسوب القمة أو متوسط منسوب نقط المناسيب فوق خط كنتور ١٠٠٠م ، أو إعتبار منسوب القمة هو منسوب خط الكنتور الذى يحددها (١٠٠٠م) + نصف الفترة الكنتورية (١٠٠م).

∴ ظا الإنحدار بين ١٠٠٠، ١٠٥٠ = ٥٠ / ٢٨٢٠ = ٠,٠١٧٧ = ١° ٠٠′

ويوضح (شكل ٥٦) هذه الفكرة.

يلاحظ من الشكل أن إختلاف مساحات الدوائر المتتابعة رأسياً يؤدى إلى إختلاف أنصاف أقطارها، وبالتالى يمكن حساب درجة الإنحدار بين محيط كل

دائرة والتى تليها إذا مد خط بينهما. ويلاحظ أيضاً أنه إذا تساوى نصفى قطر دائرتين متتاليتين يكون الإنحدار بينهما عمودياً أى ٩٠° .



شكل (٥٦)

طريقة أخرى لحساب المسافة الأفقية المحصورة بين كل خطين كنتوريين متتاليين:

١ - اقترح شتريلر A. N. Strahler طريقة أخرى لحساب المسافة الأفقية المستخدمة فى حساب درجة الإنحدار وذلك بقياس المساحة المحصورة بين كل خطين كنتوريين متتاليين على الخريطة بالبلانيمتر وتحويلها إلى مايقابلها على الطبيعة.

٢ - يقاس طول كل من خطى الكنتور المحددين للمساحة المحصورة بينهما ثم حساب متوسط طولهما، وذلك باستخدام عجلة القياس وتتبع تعرجات الكنتور، ويتم تحويل الطول على الخريطة إلى ما يقابله على الطبيعة.

٣ - يحسب متوسط عرض هذا النطاق الكنتورى بقسمة المساحة على متوسط الطول. ومتوسط عرض النطاق هو المسافة الأفقية.

٤ - ظل درجة الإنحدار هو خارج قسمة الفارق الرأسى على متوسط عرض النطاق، ثم يستخرج مقدار زاوية الإنحدار من جداول الظلال.

٥ - بالنسبة للمساحة المحصورة داخل أعلى خط كنتور فيحسب نصف طول خط الكنتور المحدد لها كبديل لمتوسط الطول.

٦ - تعتبر هذه الطريقة أكثر دقة من الطريقة السابقة التى يحسب فيها نصف القطر لأنها تراعى درجة تقطع السطح.

طريقة رسم المنحنى الكلينوجرافى :

١ - يرسم المحور الرأسى ويقسم إلى مسافات متساوية تمثل مستويات خطوط الكنتور ويمد من نقطة التقسيم خطوطاً أفقية متوازية، بحيث يمثل الخط السفلى مستوى كنتور صفر.

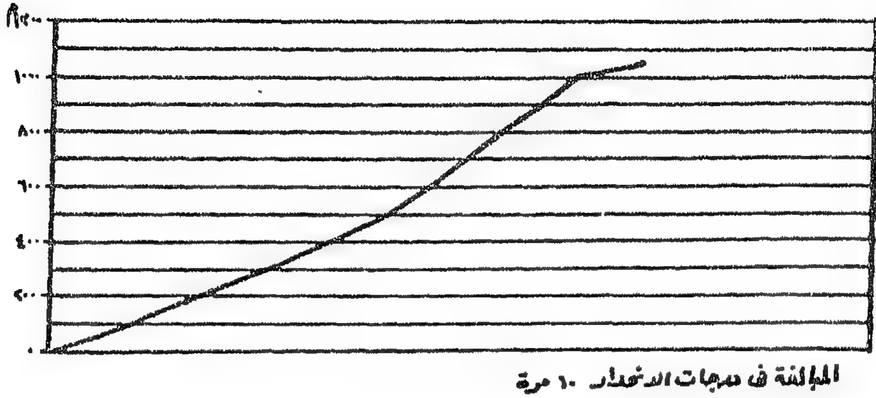
٢ - يرسم المنحنى الكلينوجرافى من أعلى منسوب أو من أقل منسوب. فإذا بدأ من أقل منسوب (صفر)، يوضع مركز المنقلة عند إلتقاء المحور الرأسى مع الخط الممثل لمستوى كنتور صفر، وصفر المنقلة على هذا الخط، ويتم توقيع زاوية الإنحدار بين خطى كنتور صفر ، ١٠٠ وهذا الإنحدار سيكون إلى أعلى بطبيعة الحال، أى توقع الزاوية ٣٠ ١° ، ويمد ضلعها على إستقامته حتى يلتقى مع الخط الأفقى الممثل لمستوى كنتور ١٠٠م فى نقطة.

٣ - توضع المنقلة على النقطة الموقعة على الخط الممثل لمستوى كنتور ١٠٠ وبنفس الطريقة السابقة توقع زاوية الإنحدار بين كنتور ١٠٠ وكنتور ٢٠٠ (٤٤َ ١°)، ويمد الخط على إستقامته حتى يلتقى مع الخط الأفقى الممثل لكنتور ٢٠٠ وهكذا حتى نهاية المنحنى.

٤ - تحدد نهاية المنحنى موقع المحور الرأسى الآخر. (شكل ٥٧).

٥ - عند رسم منحنيات كلينوجرافية لخريطة ذات فارق رأسى صغير وذات

أنصاف أقطار كبيرة، فإن درجات الإنحدار تصير صغيرة، وينتج عن ذلك إمتداد المحور الأفقى بطول ملحوظ، ولذا يحسن المبالغة فى إنحدارات المنحنى بمعدل ثابت وليكن إلى الضعف أو ثلاثة أمثال، وينبغى ذكر هذه المبالغة أسفل المنحنى.



شكل (٥٧)

طريقة أخرى لرسم المنحنى الكلينوجرافى:

يمكن رسم المنحنى الكلينوجرافى عن طريقة أنصاف أقطار الدوائر الممثلة للمساحات المحصورة بخطوط الكنتور، وذلك بتوقيع أطوالها على الخطوط الأفقية الممثلة لمستويات خطوط الكنتور. ولكن فى هذه الطريقة يجب المحافظة على مقياس رسم موحد بالنسبة للمحورين الأفقى والرأسى. وإذا اضطر إلى المبالغة فى مقياس رسم المحور الرأسى فسوف ينعكس ذلك على درجات الإنحدار الفعلية وسوف تزيد عن قيمتها الحقيقية. وعندئذ ينبغى تسجيل نسبة المبالغة أسفل المنحنى. ويتم رسم المنحنى بهذه الطريقة بالخطوات الآتية:

١ – يحدد طول المحور الأفقى بواسطة نصف قطر الدائرة الممثلة لخط كنتور صفر، ويختار له مقياس رسم مناسب أو يستخدم مقياس رسم الخريطة الكنتورية. طول نصف قطر الدائرة صفر = ٢٨,٢ كم فيمكن إختيار مقياس

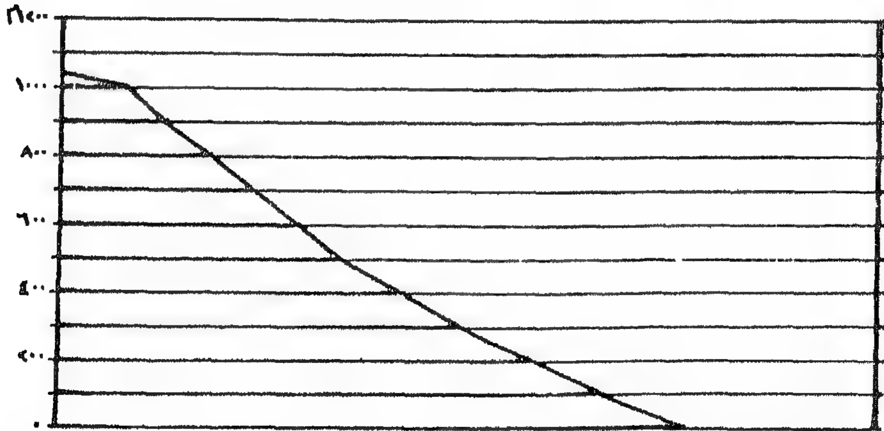
رسم ١ : ١٠٠,٠٠٠ أى كل ١ سم يقابل ١ كم فيكون طول نصف القطر ٢٨,٢ سم وهو طول خط قاعدة القطاع.

٢ – من قراءة المناسيب يلاحظ أن أعلى منسوب هو ١٠٥٠م ، وتبعاً لمقياس الرسم المستخدم على المحور الأفقى يساوى ١ سم تقريباً، وهنا يجب المبالغة وليكن المقياس المستخدم هو كل ١ سم يقابل ٢٠٠ م فيكون طول المحور الرأسى ٥,٥سم.

٣ – يقسم المحور الرأسى (٥,٥ سم) إلى أقسام متساوية حسب الفترة الكنتورية بدءاً من خط قاعدة القطاع، ومن نقط التقسيم ترسم خطوط موازية للمحور الأفقى تمثل مستويات خطوط الكنتور.

٤ – يوقع طول نصف قطر الدائرة التى تمثل خط كنتور ١٠٠ بمقياس الرسم المختار = ٢٤,٤ سم على الخط الأفقى الممثل لمستوى كنتور ١٠٠ وهكذا بالنسبة لباقى خطوط الكنتور.

٥ – توصل نهايات أنصاف الأقطار الموقعة على الخطوط الأفقية فينتج المنحنى الكلينوجرافى المطلوب. (شكل ٥٨).



شكل (٥٨)

ثالثاً : الهستوجرام الأليمترى Altimetrice Histogram :

يعتمد الهستوجرام الأليمترى فى إنشائه على فكرة الأعمدة البيانية النسبية للتوزيعات التكرارية. وتستخدم هذه الطريقة فى تمثيل نسبة تكرار المناسيب فى الخريطة، وتسجل نسبة التكرار على المحور الرأسى للمنحنى، بينما تسجل المناسيب المختلفة على المحور الأفقى. ويتم الحصول على نسبة التكرار إما من لوحة نقط المناسيب أو من الخريطة الكنتورية، وذلك عن طريق تقسيم اللوحة أو الخريطة إلى شبكة من المربعات يختار طول ضلعها حسب الدقة والدراسة المطلوبة، ويؤخذ منسوب أعلى نقطة داخل المربع أو قيمة أعلى خط كنتور يمر داخل المربع. وفى النهاية يتم الحصول على مجموعة من القيم تمثل مناسيب المربعات المرسومة على الخريطة أو اللوحة. تلخص هذه البيانات فى شكل توزيع تكرارى نسبى. ولإجراء هذا التوزيع تتبع الخطوات الآتية :

١ – تحدد أصغر قيمة وأكبر قيمة فى مجموعة البيانات (المناسيب).

٢ – يحسب الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة، ويسمى هذا الفرق بالمدى.

∴ المدى = أكبر قيمة – أصغر قيمة

٣ – يحسب عدد الفئات بالقاعدة المعروفة بقاعدة ستيرجى.

عدد فئات التوزيع التكرارى = ١ + ٣,٣ × لو ن

حيث لو ن = لوغاريتم عدد القيم

٤ – يحسب طول الفئة بقسمة المدى على عدد الفئات :

$$\therefore \text{طول الفئة} = \frac{\text{المدى}}{\text{عدد الفئات}}$$

مثال : إذا كانت مناسيب مجموعة من المربعات كالآتى :

٢٠ ، ٤٢ ، ٣٣ ، ٧٠ ، ٦٢ ، ٢١ ، ٣٥ ، ٥٥ ، ٥٦ ، ١٠ ، ٧٠ ، ٥٧، ٤٤، ٣٨ ، ٢٤ ، ٣١ ، ٣٠ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٥٩ ، ٦٠ ، ٦٠ ، ١٠ ، ٤٦ ، ٧٠ . ويراد تلخيصها فى شكل توزيع تكرارى.

الحل :

المدى = ٧٠ - ١٠ = ٦٠

عدد الفئات = ١ + ٣,٣ × لون = ١ + ٣,٣ × لو ٢٥ = ١ + ٣,٣ × ١,٣٩٧٩ = ٦

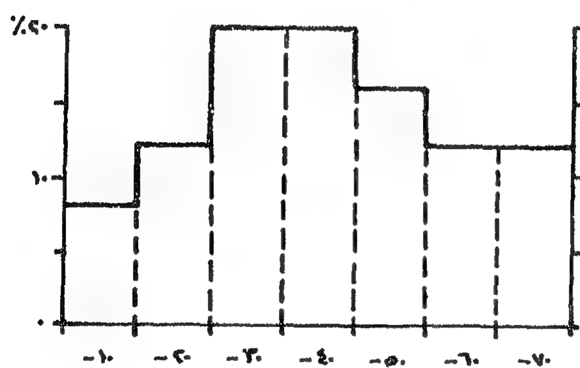
طول الفئة = ٦٠ ÷ ٦ = ١٠

٥ - يحدد عدد مرات ظهور (تكرار) مفردات القيم داخل كل فئة بطريقة الإشارات، بمعنى عدد مرات ظهور المفردات في المسافات المحصورة بين الحد الأدنى والحد الأعلى للفئة. والمقصود بطريقة الإشارات هو الرمز للمفردة الواحدة التي تظهر داخل الفئة بشرطة مائلة، وإذا بلغ عدد مرات الظهور خمس مرات ترسم الشرطة الخامسة بشكل مائل يقطع الأربع علامات السابقة لتكون حزمة وهكذا كل مايصل عدد مرات الظهور خمسة تتكون حزمة جديدة وذلك حتى يسهل العد خوفاً من السهو.

٦ - بعد تعيين تكرار كل فئة تحسب النسبة المئوية لها، أى حساب النسبة المئوية لعدد النقط داخل كل فئة إلى العدد الإجمالى.

٧ - يرسم محور رأسى مقسم إلى النسب المئوية بمقياس رسم مناسب لأكبر نسبة تكرار، أما فئات المناسيب فتسجل على محور أفقي. ترسم أعمدة بيانية بناء على نسبة التكرار لكل فئة منسوب على أن تكون متلاصقة، ثم تزال الأجزاء السفلى منها ويبقى خط واحد يصل بين أطرافها العليا وهو الهستوجرام الألتيمترى المطلوب. (شكل ٥٩).

الفئة	مجموع التكرار (و)	نسبة التكرار (٪)
١٠ – ٢٠	٢	٨
٢٠ – ٣٠	٣	١٢
٣٠ – ٤٠	٥	٢٠
٤٠ – ٥٠	٥	٢٠
٥٠ – ٦٠	٤	١٦
٦٠ – ٧٠	٣	١٢
٧٠ – ٨٠	٣	١٢
	٢٥	٪١٠٠



شكل (٥٩)

الفصل الخامس
خرائط التحليل الخرائطى (الكارتوجرافى) للخريطة الكنتورية

- خريطة التضاريس النسبية.
- خريطة معدل إرتفاع التضاريس.
- خريطة معدل الإنحدار.
- خريطة الكنتور المبسط.
- المجسمات.
- التجسيم الأستريوسكوبى للخريطة الكنتورية.

الفصل الخامس

خرائط التحليل الخرائطى الكارتوجرافى للخريطة الكنتورية

تستخدم الخريطة الكنتورية فى التعرف على السمات العامة لسطح الأرض عن طريق القطاعات المختلفة التى سبق عرضها. ولكن تلك القطاعات لاتعبر عن العلاقة بين عنصرى سطح الأرض الإستواء والإنحدار بصورة كافية إذا كانت الفترة الكنتورية كبيرة بحيث تخفى الكثير من خصائص السطح على طول النطاق المحصور بين خطى الكنتور. كما أن المنحنيات البيانية الهبستومترية والكلينوجرافية والألتيمترية لاتبين التوزيع فى المنطقة الممثلة على الخريطة وتباين هذا التوزيع من جهة إلى أخرى، وإن كانت تلخص المنسوب أو درجة الإنحدار وطبيعته فى المنطقة ككل. لذا فإن هناك طرق تحليل خرائطية أخرى للخريطة الكنتورية تعالج أوجه النقص المختلفة. ومن هذه الطرق :

١ – خريطة التضاريس النسبية	Relative Relief
أو التضاريس المحلية	Local Relief
٢ – خريطة معدل إرتفاع التضاريس	Elevation - Relief Ratio
٣ – خريطة معدل الإنحدار	Average Slope
٤ – خريطة خطوط الكنتور المبسط	Generalized Contours
٥ – المجسمات	Block Diagram

٦ – التجسيم الأستريوسكوبى للخريطة الكنتورية Stereo Contour Map

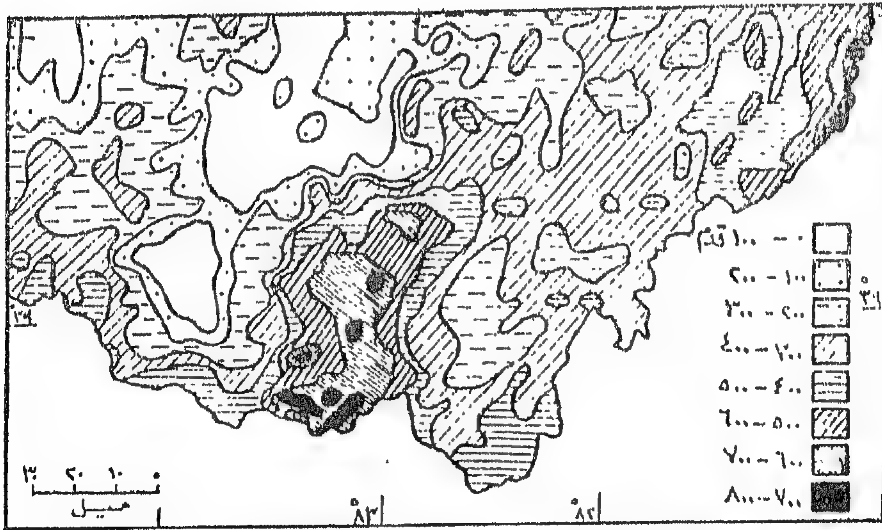
أولاً : خريطة التضاريس النسبية أو المحلية:

عند تناول سطح منطقة ما بالدراسة فإن أول سؤال يتبادر إلى الأذهان هو : هل هذه المنطقة جبلية أم تلية أم سهلية ؟ أى التعرف على طبيعة سطح الأرض. والحقيقة أن الإعتماد على قراءة خطوط الكنتور وحدها فى التعرف على طبيعة السطح مضلل إلى حد ما عند دراسة المناطق محدودة المساحة، ذلك لأن قيم خطوط الكنتور تنسب إلى متوسط منسوب سطح البحر، والدارس لايشعر بهذا المنسوب المطلق عن سطح البحر إرتفاعاً أو إنخفاضاً، ولكنه يشعر فقط بإختلاف المناسيب التى تعلو أو تنخفض عن المناطق المسطحة التى تجاورها. فقمة تل ترتفع عن منسوب سطح البحر بمقدار ٣٠٠م لايشعر بارتفاعها هذا شخص يقف على الأرض المنبسطة المجاورة والتى يبلغ إرتفاعها عن سطح البحر ٢٠٠ متر، فمثل هذا الشخص ترتفع قمة التل بالنسبة له بمقدار ١٠٠م فقط. وهذا يعنى أن الإحساس بالتضاريس هو إحساس نسبى بالنسبة إلى الأراضى المنبسطة حول أو بجوار المرتفعات. والقول أن منطقة ما جبلية أو تلية هو فى الحقيقة وصف نسبى لإرتفاع أشكال سطح الأرض عن المناطق المنخفضة.

ومعرفة العلاقة بين المناطق المرتفعة والمناطق المنخفضة فى منطقة ما أي الفرق بين مناسيب القمم ومناسيب المنخفضات فى منطقة معينة تعرف باسم التضاريس النسبية أو التضاريس المحلية. وأول من استخدم هذا التعبير هو سميث عند دراسته لسطح أرض ولاية أوهايو الأمريكية.

استخدم سميث هذه الطريقة فى تحليل سطح ولاية أوهايو وذلك بمساعدة الخريطة الكنتورية للولاية وكانت بمقياس رسم ١ : ٦٠٠,٠٠٠ . وقد قسم هذه

الخريطة إلى مستطيلات طول ضلعها خمس دقائق بالنسبة لدرجات الطول ودرجات العرض، وتمثل تقريباً ٤,٤ × ٥,٧٥ ميل على الطبيعة، وإن كانت هذه الأبعاد تختلف بطبيعة الحال فى شمال الولاية عن جنوبها بسبب كروية الأرض، ولكن هذا الإختلاف كان بصورة غير محسوسة، ثم قام بحساب الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب داخل كل مستطيل أى حساب قيمة التضاريس النسبية وسجلها بجوار نقطة مركز المستطيل، ثم وصل بين النقط المتساوية فى الفروق بخطوط تساوى بنفس الطريقة التى شرحت فى كيفية رسم خطوط الكنتور وذلك بفارق رأسي قدره ١٠٠ قدم. وقد استخدم سميث التظليل المتدرج لإبراز المناطق ذات التضاريس النسبية المتشابهة بتغطية الخريطة بـ ٨ درجات من الظل (شكل ٦٠).



جزء من خريطة التضاريس النسبية لولاية أوهايو

شكل (٦٠)

وقد أجرى سميث دراسة أكثر تفصيلاً عن سطح هذه الولاية وذلك بقياس مساحة كل إقليم تضاريسى من أقاليم الخريطة الثمانية (أى من صفر – ١٠، ١٠٠ – ٢٠٠، ٠٠٠) ونسبته إلى مساحة الولاية البالغة ٤١٢٦٣ ميلاً مربعاً وذلك لمعرفة مدى تعقد التضاريس.

وقد تمكن G. C. Dickinson عام ١٩٧٣ تطبيق طريقة سميث فى منطقة شمال إنجلترا ، وذلك عن طريق الخرائط الطبوغرافية مقياس بوصة للميل بفاصل رأسى قدره ٢٥ قدم فى المناطق السهلية وأكبر من ذلك فى مناطق المرتفعات الوسطى. وقد قسمت الخريطة إلى مربعات تغطى مساحة قدرها ٥ كم٢ فى الطبيعة. ولكن بدلاً من إستخدام خطوط التساوى فى توضيح التضاريس النسبية، ظللت المربعات مباشرة بسبعة ظلال متدرجة، فخرجت الخريطة فى النهاية هندسية الشكل. ويبين (شكل ٦١) التضاريس النسبية لشمال إنجلترا بطريقة خطوط التساوى وطريقة المربعات الهندسية للمقارنة فيهما.

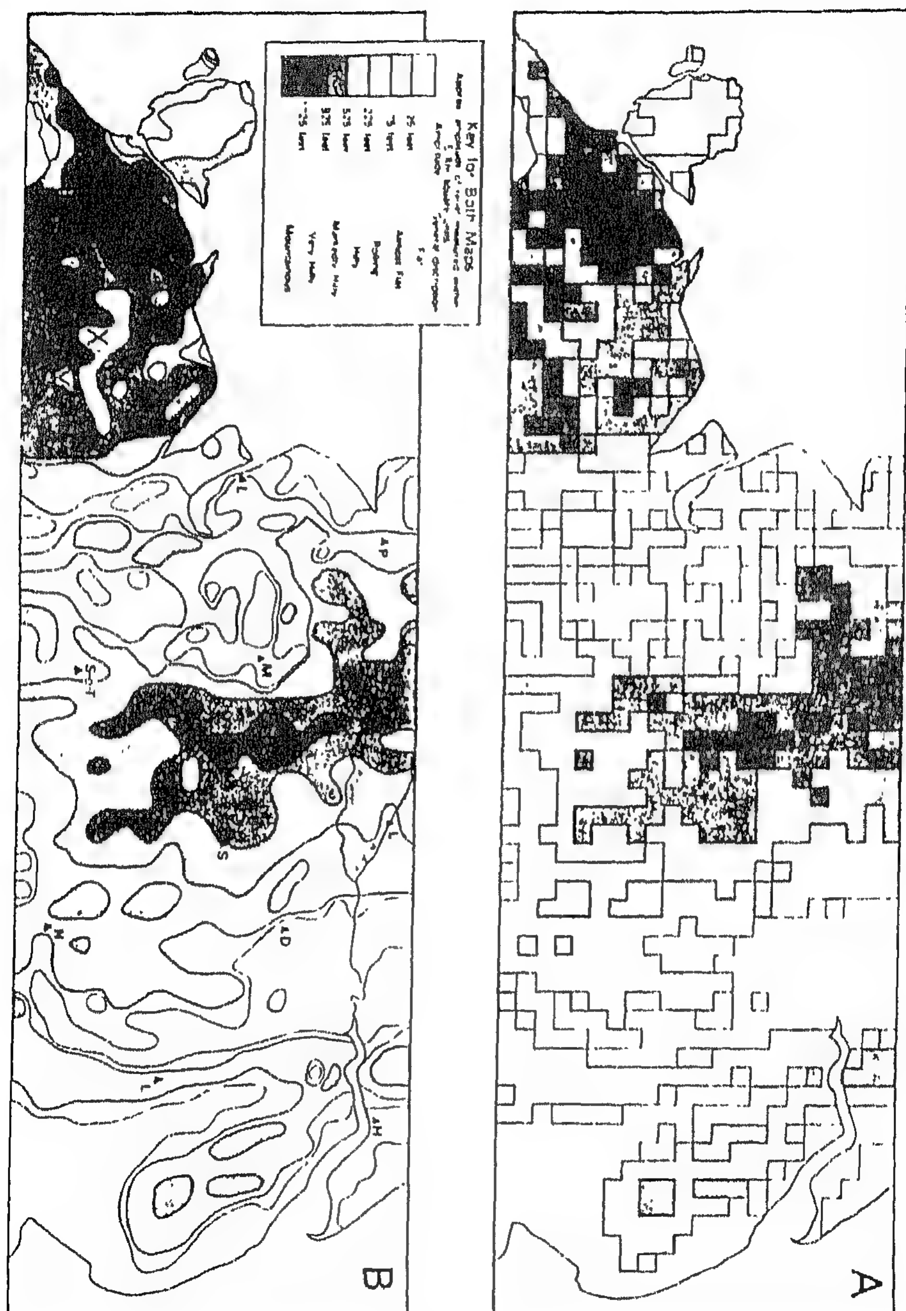
ثانياً : خريطة معدل إرتفاع التضاريس :

يقصد بمعدل إرتفاع التضاريس، قيمة أعلى منسوب لسطح الأرض فى وحدة مساحية معينة. وتهدف هذه الطريقة إلى تقسيم سطح الأرض إلى وحدات تضاريسية وحساب نسبة مساحة كل وحدة أى أجزاء كل من المناطق المرتفعة والمناطق المنخفضة أو السهلية إلى مساحة المنطقة موضع الدراسة. كما أنها توضح بشكل عام طبيعة المنحدرات بين المناطق المرتفعة والمناطق المنخفضة.

وتتلخص طريقة إنشاء هذه الخريطة فى الخطوات التالية :

١ – تقسم الخريطة الكنتورية إلى شبكة من المربعات تغطى فى الطبيعة مساحة معينة. ويفضل رسم شبكة المربعات على لوحة من الكلك ووضعها على الخريطة حتى لاتتلف.

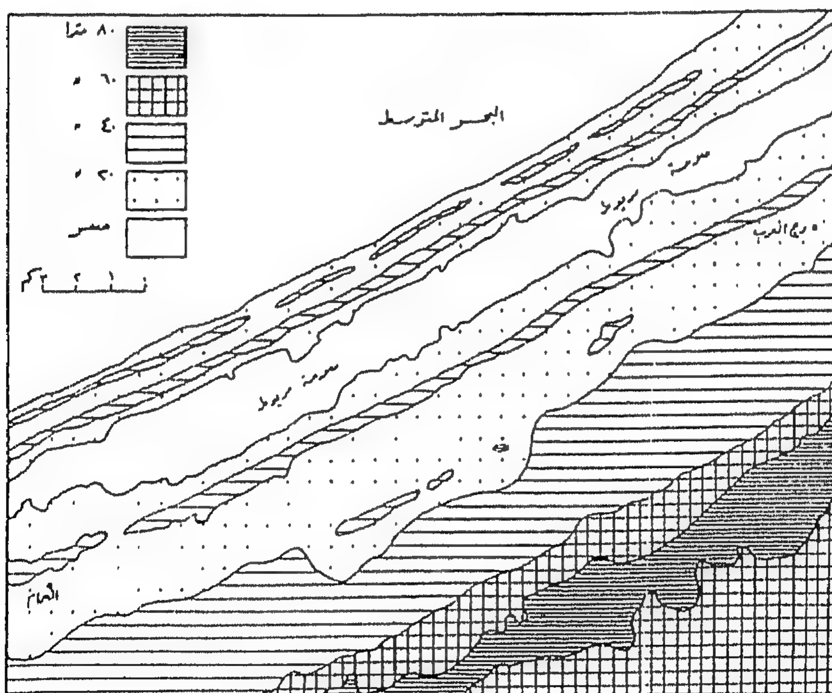
٢ – قراءة أعلى خط كنتور يمر بالمربع وتسجيل قيمته داخل المربع. وإذا وقع المربع بين خطى كنتور وبالتالى لايمر به خطوط كنتور يحدد أعلى منسوب



شكل (٦١)

من قراءة نقطة المناسيب المدونة على الخريطة الكنتورية ويسجل داخل المربع. وإذا وقع المربع بين خطى كنتور ولا توجد بداخله نقط مناسيب أو لاتوجد نقط مناسيب على الخريطة الكنتورية، فإن قيمة أعلى منسوب داخل هذا المربع هى متوسط منسوب خطى الكنتور، ويسجل هذا المتوسط داخل المربع.

٣ – تظلل المربعات بدرجات ظل ذات فاصل رأسى مناسب، وتمحى أضلاع المربعات المتجاورة المتساوية فى قيمة معدل الإرتفاع بحيث يحدد درجة الظل خط واحد، أو تستخدم طريقة خطوط التساوى وقد طبقت هذه الطريقة فى المنطقة بين برج العرب والحمام من إقليم مريوط غرب الإسكندرية. (شكل ٦٢).



شكل (٦٢)

ثالثاً : خريطة معدل الإنحدار :

إنحدار سطح الأرض على إمتداد خط معين على الخريطة الكنتورية هو الزاوية المحصورة بين سطح الأرض المنحدر والمستوى الأفقى. ويعبر عن هذا الإنحدار بنسبة حدها الأيمن الواحد الصحيح ويمثل فرق المنسوب بين طرفى الخط، وحدها الأيسر هو المسافة الأفقية بين هذين الطرفين. كأن يقال ١ : ٢٠ ، وهذا يعنى أن كل عشرين متراً أفقياً يقابلها إرتفاع أو إنخفاض فى منسوب سطح الأروض مقداره متراً واحداً. وقد يعبر عن هذا الإنحدار بمعدل، فإنحدار نسبته ١ : ٢٠ معدله هو ٠,٠٥ ، أى أن كل مسافة أفقية قدرها ١٠٠ م يقابلها فرق منسوب قدره ٥ م . وفى الواقع فإن هذا المعدل ما هو إلا قيمة ظل زاوية الإنحدار، أى خارج قسمة فرق المنسوب بين طرفى الخط على المسافة الأفقية بينهما ($\frac{١}{٢٠}$ = ٠,٠٥). وبالكشف عن قيمة هذا الظل فى جداول الظلال ينتج قيمة زاوية الإنحدار (ظا ٢ ٥٢َ ٢° = ٠,٠٥)، وهذه هى الصورة الثالثة من صور التعبير عن إنحدار سطح الأرض.

وتفيد دراسة إنحدار سطح الأرض على طول عدة قطاعات على الخريطة الكنتورية فى الدراسات الجغرافية بصفة عامة والدراسات الجيومورفولوجية بصفة خاصة. فالتغير فى درجة الإنحدار على طول المنحدر يعطى شكل المنحدر، ودراسة تغير شكل الإنحدار وشكل المنحدر من مكان لآخر فى المنطقة الممثلة على الخريطة الكنتورية تسهم فى تحليل أشكال سطح الأرض والتعرف على أصل نشأتها ومرحلة تطورها، وذلك بمساعدة طرق تحليل جيومورفولوجية أخرى. ولكن دراسة إنحدار سطح الأرض بهذه الطريقة أى من واقع القطاعات يلزم لها العديد من تلك القطاعات حتى تعطى صورة قريبة من واقع المنطقة موضع الدراسة، كما

أنها لاتبين توزيع درجات الإنحدار وإتجاهاتها وأنماط المنحدرات فى المنطقة. ومن المعروف أن مثل هذا التوزيع يفيد فى الدراسات المورفولوجية التى تقوم على أساس تصنيف المنحدرات عن طريق قياس درجة الإنحدار.

وقد تعددت طرق تمثيل درجة إنحدار سطح الأرض على الخرائط، بعضها يقوم على القياس المباشر فى الحقل، والآخر يقوم على الخريطة الكنتورية. وتعالج الخريطة بعدة طرق لإنشاء خريطة معدل إنحدار سطح الأرض، ولعل أبسط تلك الطرق طريقة روبنسون التى تقوم على أساس كمى.

طريقة روبنسون :

تستخدم هذه الطريقة خرائط كنتورية من مقاييس رسم متوسطة أى طبوغرافية (١ : ٢٥,٠٠٠ ، ١ : ٥٠,٠٠٠ ، ١ : ٨٠,٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠,٠٠٠٠).

وتتلخص هذه الطريقة فيما يلى :

١ – ترسم شبكة من المربعات على ورقة كلك بحيث يمثل كل مربع مساحة قدرها كيلومتراً مربعاً واحداً فى الطبيعة حسب مقياس رسم الخريطة، وتثبت فوق الخريطة الكنتورية.

٢ – يحسب معدل إنحدار سطح الأرض داخل كل مربع من هذه المربعات ويسجل داخله ويتم حساب معدل الإنحدار بمعادلة وينتورث C.K. Wentworth وهى :

$$\frac{\text{عدد خطوط الكنتور التى تمر فى المربع} \times \text{الفاصل الكنتورى}}{\text{٣٣٦١ (معامل ثابت)}}$$

أو بمعادلة كل من S. Finsterwalder و K. Peucker وهى :

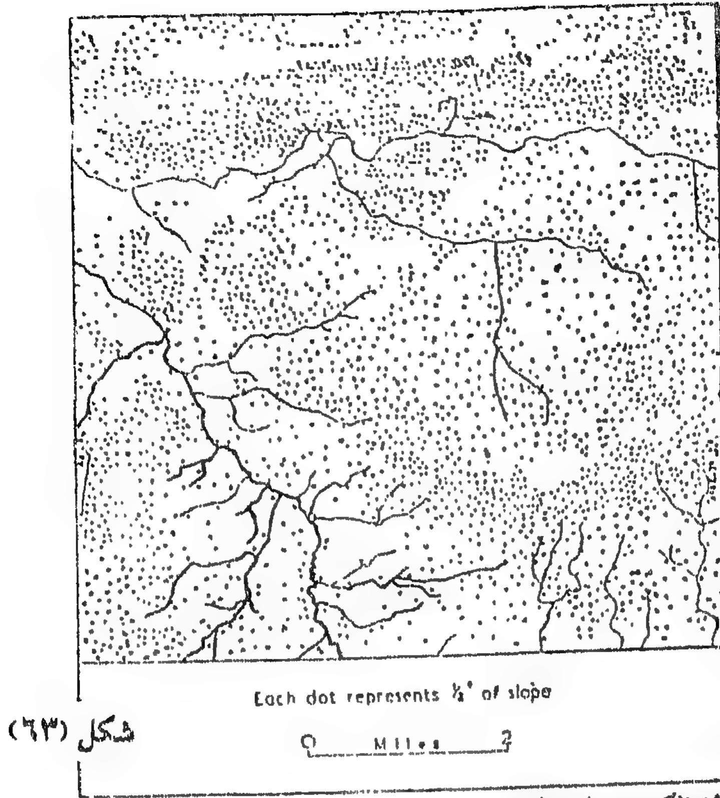
$$\text{ظا معدل الإنحدار} = \frac{\text{إجمالى طول خطوط الكنتور المارة فى المربع} \times \text{الفاصل الكنتورى}}{\text{مساحة المربع}}$$

٣ - تمثل قيم معدلات الإنحدار بنقط ذات حجم منتظم بحيث يعطى لكل نقطة منها مدلول كمى أو قيمة معينة تحدد بصورة مناسبة حسب القيم المحسوبة داخل المربعات. وقد يبدو مناسب أن تمثل كل ١° بنقطة واحدة أو كل $\frac{١}{٢}$° بنقطة واحدة، أو كل ٢° أو ٣° بنقطة واحدة.

٤ - يحدد عدد النقط داخل كل مربع حسب المدلول الكمى المختار للنقطة، ثم يحدد حجم النقطة المناسب بحيث لايكون كبيراً فتتلاحم النقط وتعطى إنطباعاً بشدة الإنحدار فى مناطق درجة إنحدارها محدودة، ولايكون صغيراً فتتباعد النقط بحيث تظهر كما لو كان معدل الإنحدار خفيفاً فى مناطق شديدة الإنحدار.

٥ - يوقع داخل كل مربع عدد النقط التى سبق تحديدها حسب المدلول الكمى للنقطة، وذلك بطريقة عشوائية بالإستعانة بخطوط الكنتور التى تظهر من تحت لوحة الكلك، وذلك حتى تتخذ النقط طابع الإستمرارية أى تتفق خريطة معدل الإنحدار فى تدرج كثافتها مع الخريطة الكنتورية.

٦ - تزال شبكة المربعات المرسومة أصلاً بالقلم الرصاص فتنتج خريطة معدل الإنحدار. (شكل ٦٣).



شكل (٦٣)

رابعاً : خريطة الكنتور المبسط :

من المعروف أن التعاريج والإنثناءات وتداخل خطوط الكنتور في بعضها البعض هي نتيجة لتعرض سطح الأرض لعمليات التعرية المختلفة وخاصة التعرية النهرية الممثلة في المجاري المائية الحالية أو الأودية الجافة الحالية التي حفرتها المياه إبان أدوار المطر التي حدثت في فترة البليو - بليستوسين وفي عصر البليستوسين. ويعتبر هذا النشاط المائي الحالي أو السابق له الدور الأكبر في تعقد خطوط الكنتور. أي أنه لولا هذه المجاري المائية بنظمها المختلفة لكان سطح الأرض أكثر إنتظاماً في إنحداره، ولكانت خطوط الكنتور أكثر إستقامة وأقل تعرجاً وعدداً.

وتهدف خريطة الكنتور المبسط إلى تبسيط الخريطة الكنتورية بالتقليل من التعاريج والإنثناءات الموجودة بخطوط الكنتور، أي ملء الفجوات التي أوجدتها عوامل التعرية المختلفة على سطح الأرض. وعملية ملء الفجوات هذه بمثابة ترميم

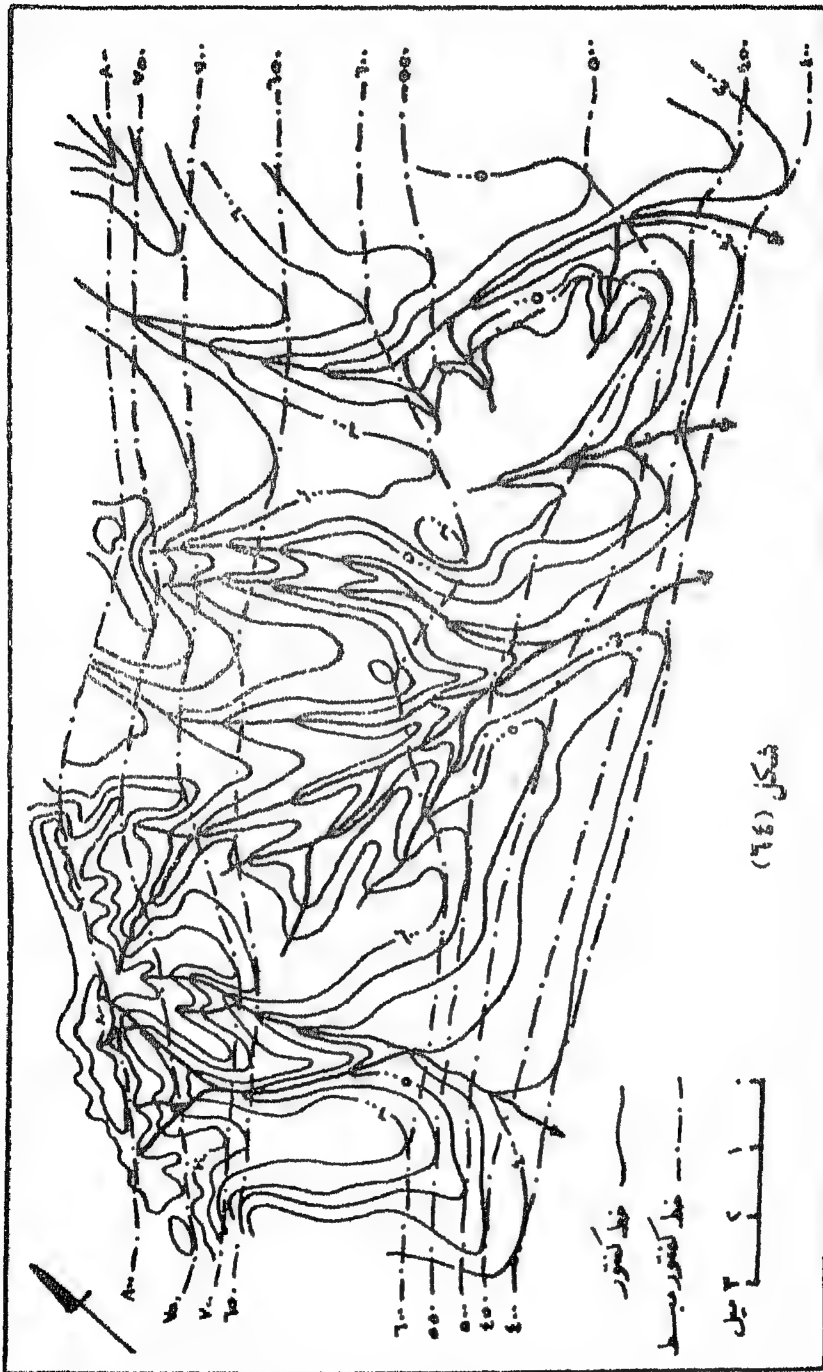
لتصدعات أحدثتها عوامل التعرية هذه والسبيل إلى دراسة تطور سطح الأرض والتعرف على حالته التى كان عليها قبل وجود هذه الفجوات هى الخطوط الكنتورية المبسطة.

ويتم إجراء هذه العملية على الخريطة الكنتورية بربط النقط ذات الإرتفاعات المتساوية لمقدمات أراضى مابين الأودية بخطوط مستقيمة تخترق تلك الأودية التى بينها. وتتوقف وسائل ربط هذه النقط على الغاية التى يريد أن يبرزها الدارس، فإذا أراد أن يرجع بسطح الأرض إلى مرحلة قريبة من حالته الراهنة فعليه أن يملأ أودية الأنهار الرافدية الصغيرة. أما إذا أراد الرجوع إلى مرحلة أقدم يملأ وديان الروافد الرئيسية ثم أودية الأنهار الكبيرة الرئيسية إذا أراد أن يرجع إلى مرحلة أقدم من ذلك. (شكل ٦٤).

وبعد إجراء عملية الخطوط الكنتورية المبسطة تظهر هذه الخطوط فى النهاية على شكل نمطين : نمط تتقارب فيه خطوط الكنتور دلالة على شدة إنحدار سطح الأرض وآخر تتباعد فيه هذه الخطوط دلالة على إستواء سطح الأرض أو قربه من الإستواء. ويمكن هنا تعليل هذا التتابع من الأراضى المستوية والأراضى المنحدرة وإرجاعها لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :

١ – إرتباط هذا التتابع بنوع الصخر ونظامه، أى إرتباط الأراضى المنحدرة بطبقة صخرية صلبة مقاومة لعمليات التعرية، أو إرتباط هذه الأراضى بخطوط إنكسارات ، وأن الأراضى المستوية أو قليلة الإنحدار ترتبط بالصخور اللينة قليلة المقاومة لعمليات التعرية أو جانب المرمى بالنسبة للإنكسار، وفى كلا الحالتين يمكن ربط الخريطة الكنتورية المبسطة بالخريطة الجيولوجية.

٢ – أن الأراضى المستوية أو بطيئة الإنحدار ماهى إلا مصاطب أو أرصفة بحرية. ولإثبات ذلك لابد من البحث والتنقيب عن بقايا الرواسب البحرية أو بقايا



شكل (٦٤)

أثر فعل أمواج البحر وأثر فعل الأملاح البحرية المتطايرة فى الأراضى شديدة الإنحدار التى تقع خلف الأراضى بطيئة الإنحدار.

٣ - أن الأراضى بطيئة الإنحدار التى يمثلها تباعد فى خطوط الكنتور المبسط ماهى إلا مصاطب نهرية (سهول فيضية قديمة)، وأن هذه الأراضى تمثل مرحلة من مراحل إستقرار مستوى القاعدة Stand Still. وللتأكد من ذلك لابد من البحث عن بقايا الرواسب النهرية إن وجدت أو على الأقل بعض من الحصى النهرى الذى ربما مازال هناك بعضه خاصة فى الأراضى الموجودة على مناسيب مرتفعة، إذ أن هذا الإرتفاع يدل على قدمها الذى يؤدى بدوره فى كثير من الأحيان إلى إعطاء الفرصة لعوامل التعرية والتجوية المختلفة لإزالة تلك الرواسب.

وتبين خريطة الكنتور المبسط نظم التصريف النهرى الأولية التى كانت تحفر أوديتها فى الأسطح الأصلية Initial Surfaces إذا ماتم ردم الروافد كلها وبقيت المجارى المائية الرئيسية. فإذا ظهرت تلك المجارى فى خطوط شبه مستقيمة وشبه متوازية لبعضها دل هذا على إحتمال كونها أنهاراً أصلية Consequent Streams، أو أنهاراً طولية أصلية Longitudinal Consequent Streams تشير إلى محاور إلتواءات محدبة وأخرى مقعرة. أو بمعنى آخر تبين خريطة الكنتور المبسط نظم التصريف النهرى أيا كان نوعها أو أصلها.

خامساً : المجسمات :

تعتبر الرسوم البيانية المجسمة صورة للمنطقة التى تبينها الخريطة الكنتورية بأبعادها الثلاثة، حتى يمكن مشاهدتها ودراستها وتفسيرها بصورة أفضل من الخريطة الكنتورية. وهى تستخدم فى تمثيل الظواهر الجيومورفولوجية، كما يمكن توضيح المعلومات والبيانات الجيولوجية على جوانبها. وبهذا فإن المجسمات توضح شكل سطح الأرض وبينتها فى آن واحد. فإذا كانت الخريطة الكنتورية تمثل

سطح الأرض، والقطاعات الجيولوجية تمثل البنية، فإن المجسمات تجمع بينها فى شكل بيانى واحد.

ولاتهتم المجسمات بتوضيح كل التفاصيل الجيومورفولوجية، ولكنها قد تختار بعض الظواهر التضاريسية الهامة وتبرزها. ولإنشاء المجسم تتبع الخطوات التالية. (شكل ٦٥):

١ – ترسم شبكة من المربعات على الخريطة الكنتورية المراد إنشاء رسم مجسم لها. (شكل ٦٥ أ).

٢ – ترسم شبكة المربعات على الورقة التى سينشأ عليها المجسم، وذلك بعد تحديد إتجاه أى توجيه Orientation المجسم، والذى يجب تحديده بدقة. فالمناطق المرتفعة يجب أن تحتل مؤخرة الرسم بينما تظهر المنخفضات فى المقدمة. وأنسب إتجاه هو الذى يصنع زاوية تتراوح بين ٣٠" ، ٤٥" مع المحور الصادى للخريطة الكنتورية. وبطبيعة الحال سوف تظهر شبكة المربعات على شكل شبكة من المعينات. ثم تنقل الظواهر الرئيسية الموجودة على الخريطة مثل المجارى المائية الرئيسية والطرق إلى الشبكة. (شكل ٦٥ب)

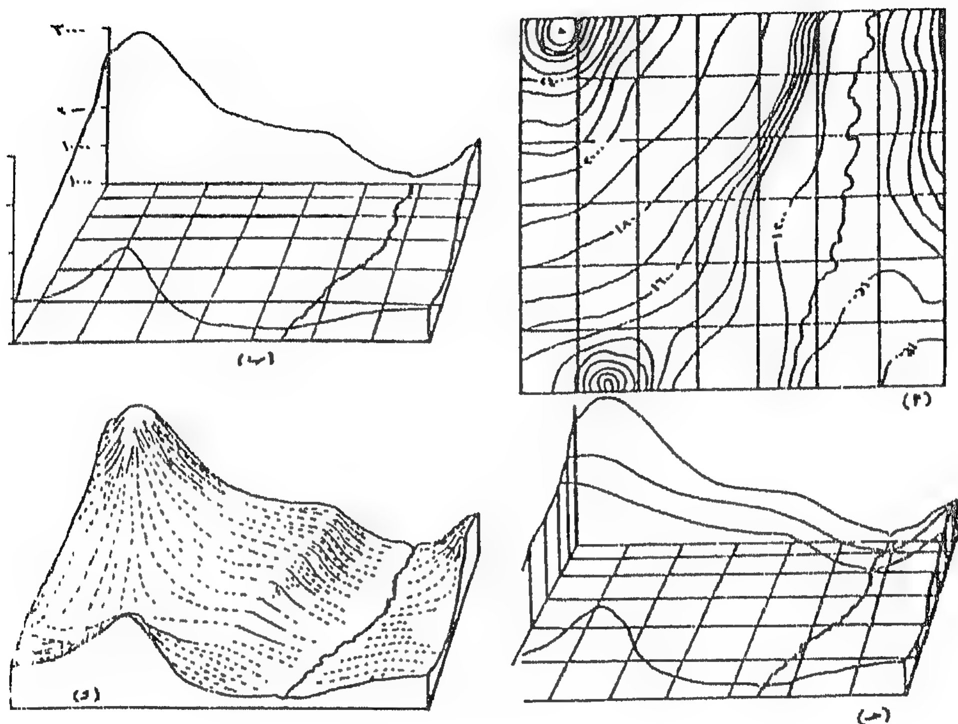
٣ – تقام أعمدة رأسية عند الأركان الأربعة للشبكة، وترسم بينها القطاعات التضاريسية التى تبين الجوانب الأربعة للمجسم (شكل ٦٥ ب).

٤ – ترسم قطاعات تضاريسية لكل خط أفقى من خطوط الشبكة. ويمكن رسم قطاعات أخرى على طول خطوط إضافية فى حالة ما إذا كانت القطاعات التضاريسية الأولى لم تبين الظواهر التضاريسية الهامة (شكل ٦٥ جـ).

٥ – ترسم خطوط هاشور لتبين إتجاه إنحدار سطح الأرض بمساعدة القطاعات التضاريسية المتتابعة.

٦ – يحبر المجسم وتزال خطوط الشبكة وخطوط القطاعات التضاريسية، ثم تضاف أسماء المعالم الطبوغرافية الرئيسية. وفى بعض الأحوال تضاف بعض نقط

المناسيب والتفاصيل الصغيرة التى أغفلت القطاعات توضيحها بالإستعانة بالخريطة الكنتورية الأصلية. وكذلك يبين مقياس الرسم الأفقى ومقياس الرسم الرأسى ومقدار أو نسبة المبالغة الرأسية (شكل ٦٥ د).



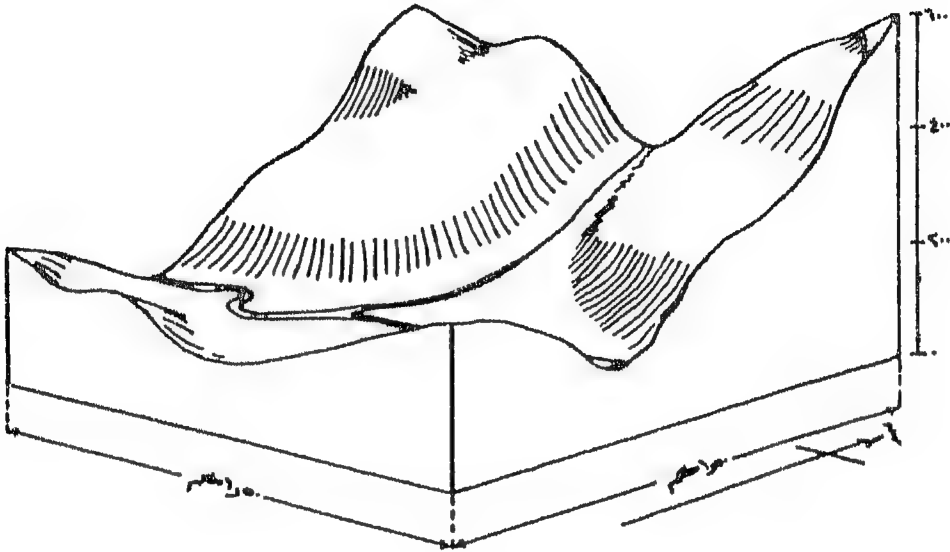
شكل (٦٥)

إنشاء الخريطة الكنتورية من الرسم البيانى المجسم :

يبين (شكل ٦٦) رسم بيانى مجسم لمنطقة يجرى بها نهر رئيسى وروافده، ويقطع هذا الرافد فى منطقة تلالية. ومبين على الشكل المقياس الرأسى والأبعاد الأفقية للمنطقة. والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذا المجسم بمقياس رسم ١ :١٠,٠٠٠ وبفترة كنتورية ٥٠م. ولإنشاء تلك الخريطة يجرى الآتى (شكل ٦٧ أ ، ب):

١ – يقسم المحور الرأسى إلى فواصل رأسية قدرها ٥٠م.

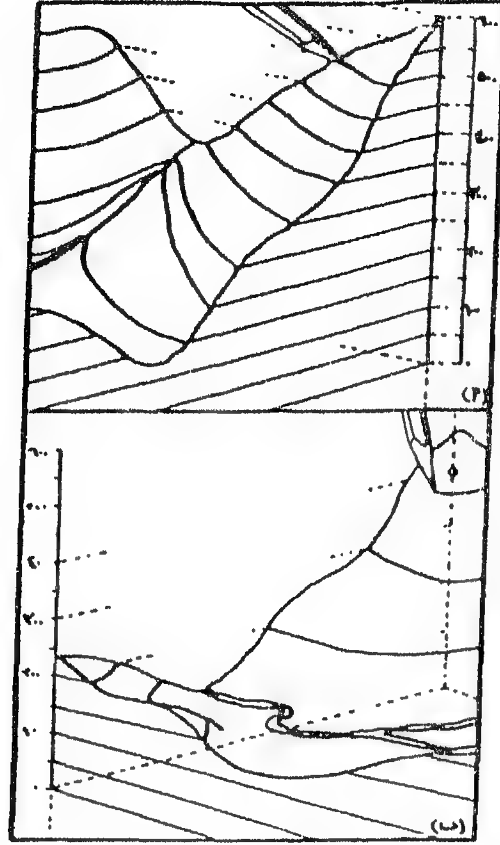
٢ – يرسم عند كل ركن من أركان المجسم الأربعة محوراً رأسياً من القاعدة التى منسوبها صفر ويقسم بفاصل رأسى ٥٠م ، فتتعين عليه نقط منسوب صفر، ٥٠، ١٠٠، ٠٠٠٠، ٦٠٠م.



شكل (٦٦)

٣ – ترسم من نقطة المنسوب هذه خطوط بالقلم الرصاص الخفيف موازية لجوانب المجسم وتتقاطع مع حوافه، فيتحدد على تلك الحواف نقط المنسوب صفر ، ٥٠ ، ١٠٠ ، ٠٠٠٠ ، ٦٠٠ م.

٤ – ترسم خطوط الكنتور على سطح المجسم بدءاً من نقط المنسوب على الحافة ومنتهية إلى نقط المنسوب من نفس القيمة على الحافة أو الحواف الأخرى. (شكل ٦٨).



شكل (٦٧)

رسم الخريطة الكنتورية :

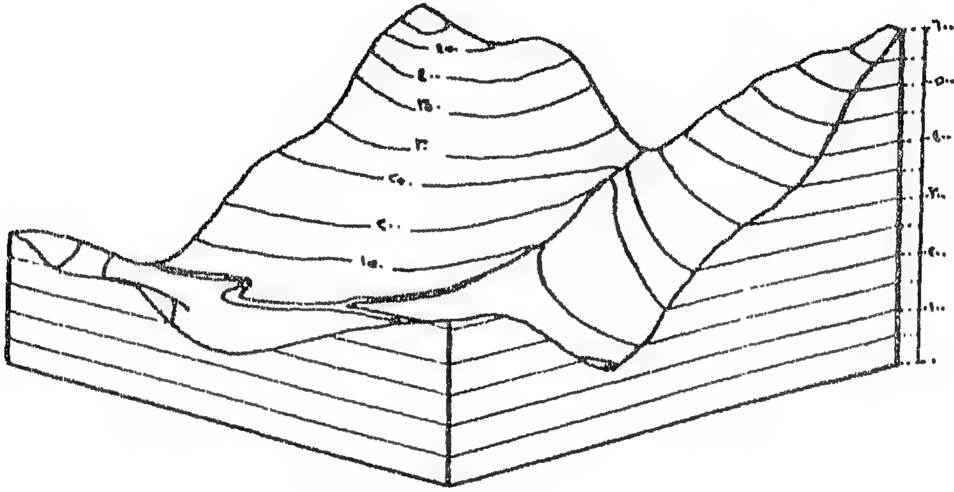
يبين أشكال (٦٩ أ ، ب جـ) خطوات إسقاط خطوط الكنتور من المجسم إلى اللوحة. وهذه الخطوات هي:

١ - يرسم مربع طول ضلعه ١,٥ كم بمقياس الرسم المطلوب وهو ١٠,٠٠٠.

٢ - توقع الظواهر الرئيسية من المجسم أى النهر وروافده بواسطة الدفيدر، وذلك بقياس المسافة من الركن الأمامى للمجسم (الركن الجنوبى الشرقى) إلى منتصف مجرى النهر الرئيسى، بشرط أن يكون هذا القياس فى موازاة

خطوط التقسيم الكنتورى المرسومة على المجسم والموازية لقاعدته. توقع تلك المسافة على حافة المربع المناظرة. وهكذا بالنسبة لنقط تغير إتجاه المجرى النهرى.

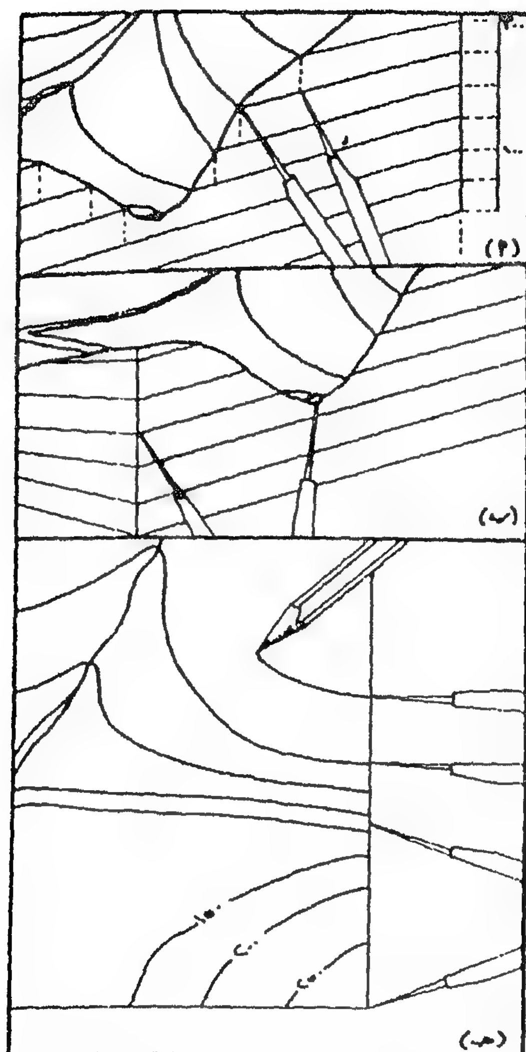
وفى حالة إختفاء المجرى وراء منطقة مرتفعة يحدد إمتداده بالتقريب. توصل هذه النقط بعضها ببعض فيتحدد المجرى النهرى، وبنفس الطريقة رافدة الآتى من الشمال.



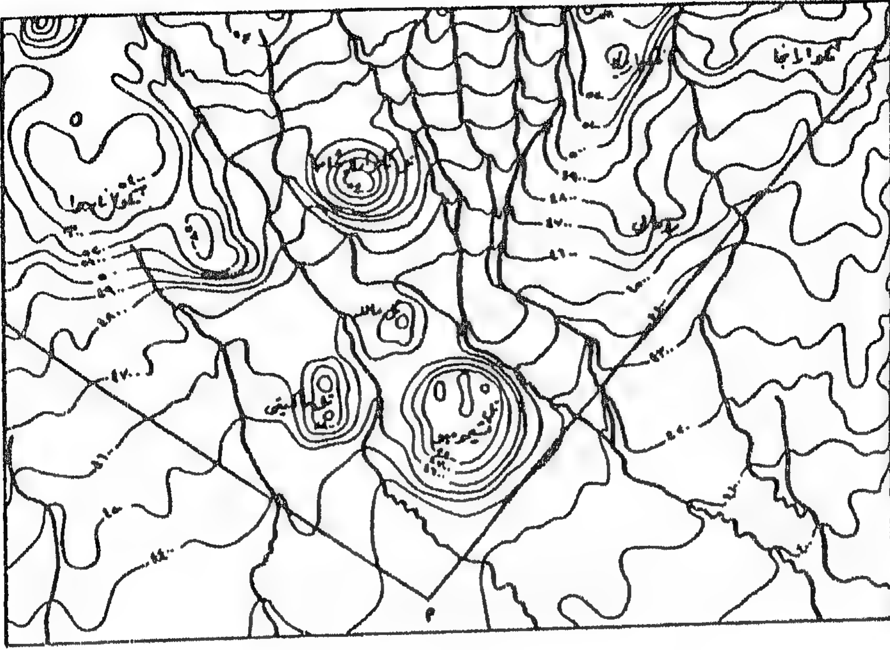
شكل (٦٨)

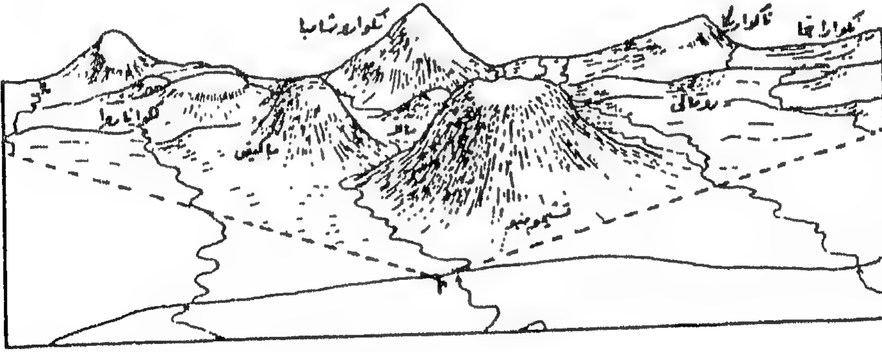
٣ — تحدد نقط خط الكنتور بنفس الطريقة من حواف المجسم بواسطة الدفيدر، وتوصل بعضها ببعض للحصول على خط الكنتور، وهكذا فى بقية الخطوط حتى يتم الحصول على الخريطة الكنتورية النهائية.

ويوضح (شكل ٧٠) و (شكل ٧١) خريطتان كنتوريتان لبعض مظاهر سطح الأرض والرسوم البيانية المجسمة الخاصة بهما.



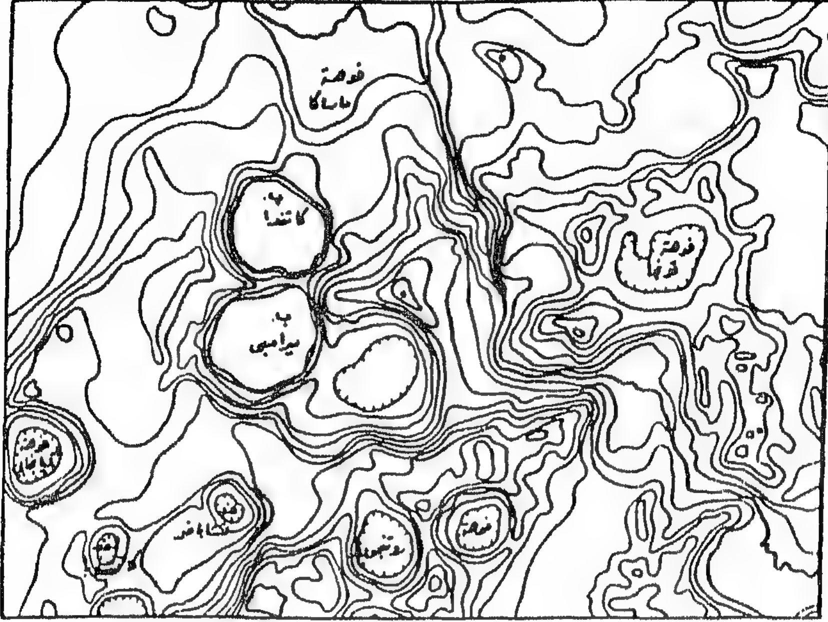
شكل (٦٩)

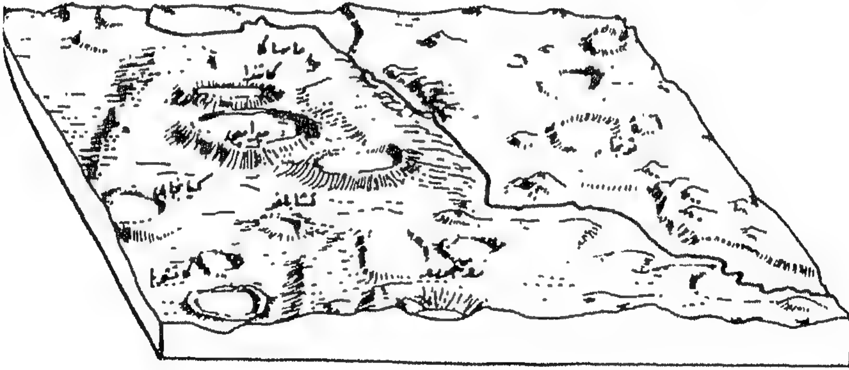




شكل (٧٠)

يبين المجسم مظاهر سطح الأرض كما تشاهد من النقطة أ وإتجاه النظر نحو الشمال، وزاوية مجال الرؤية مبينة بالخط المتصل المستقيم على الخريطة الكنتورية. يجب عند رسم المجسم ملاحظة منسوب قمم التلال وارتفاعاتها النسبية ومواقعها النسبية للتأكد من إمكانية رؤيتها داخل مجال الرؤية





شكل (٧١)

يبين خريطة كنتورية ومجسمها لمظاهر سطح الأرض فى منطقة بركانية فى جنوب غرب أوغندا. ولتميز تلك المناطق البركانية بالتلال المستديرة، والفوهات البركانية التى يمكن أن يشغل بعضها بحيرات مستديرة الشكل، وكذلك حافات أطراف الفرشات اللافية.

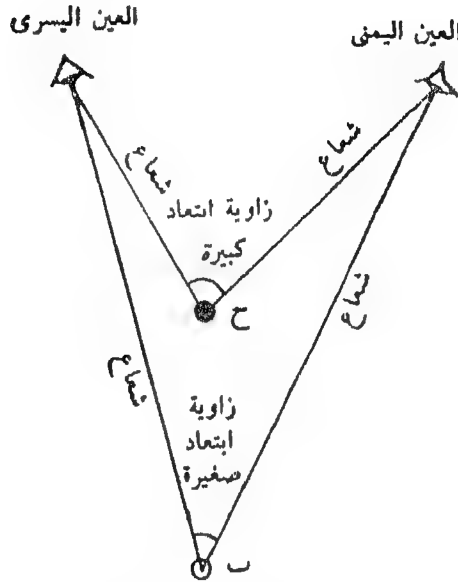
سادساً: التجسيم الاستريوسكوبى للخريطة الكنتورية:

الإبصار المجسم:

الإبصار المجسم هو الإبصار الذى يدرك فيه الإنسان رؤية الأهداف بأبعادها الثلاث، وهى الطول والعرض (البعد فى المستوى الأفقى) والإرتفاع والعمق (البعد فى المستوى الرأسى) أى الفرق بين النقط القريبة والنقط البعيدة. ولكى تتكون المقدرة على الرؤية المجسمة لابد أن يكون هناك مصدران للإبصار هما العينان اللتان تستقبلان صورتى الهدف بزاويتى إبصار مختلفتين، ثم يقوم المخ بترجمة هاتين الصورتين إلى صورة واحدة مجسمة ينتج عنها الرؤية العادية للإنسان وهى رؤية مجسمة.

على سبيل المثال نفترض أننا ننظر إلى كرتين الأولى حمراء (ح) على بعد حوالى مترين والأخرى بيضاء (ب) على بعد ثلاثة أمتار. ويصل من الكرة الحمراء شعاع إلى العين اليمنى وشعاع آخر إلى العين اليسرى ويحصران بينهما عند (ح) زاوية تسمى بزاوية إبتعاد الكرة الحمراء. ويحدث نفس الشئ من الكرة البيضاء حيث يأتى منها شعاعات إلى عينى الناظر ويحصران بينهما عند (ب) زاوية تسمى بزاوية إبتعاد الكرة البيضاء (شكل ٧٢). ويتضح من الشكل أن زاوية إبتعاد الكرة (ح) القريبة أكبر من زاوية إبتعاد الكرة (ب) البعيدة. وكلما بعد الهدف أكثر كلما صغرت زاوية إبتعاده، وبالعكس كلما قرب الهدف كبرت زاوية إبتعاده. ولذلك يدرك الإنسان الهدف القريب من زاوية إبتعاده الكبيرة ويدرك الهدف البعيد من زاوية إبتعاده الأصغر، وينتج ذلك من أن كل عين من عينى الإنسان لها موضع فى الفراغ غير موضع العين الأخرى حيث أنهما متباعدتان عن بعضهما بمسافة شبه ثابتة إذ تتراوح بين ٦٣ و ٧٠ ملليمتراً، وتسمى بقاعدة الإبصار فى الإنسان، وبذلك ترى إحداهما صورة الهدف المنظور بشكل يختلف قليلاً عما تراه العين الأخرى. ولكنهما يشتركان فى أن كل منهما ترى الصورة

كأنها مستقط مركزى مستوى. ويتوحد هذان المسقطان المركزيان المستويان داخل المخ فى هيئة مجسم فراغي واحد يماثل المنظر المرئى فى الفضاء. وتعرف هذه الخاصية بالإبصار المجسم الذى يستطيع به الإنسان تعيين مواقع الأجسام والأهداف ويقدر أبعادها عنه ويجعلها فى مواقعها الحقيقية فى الفضاء وليست منظورة فى مستوى واحد.



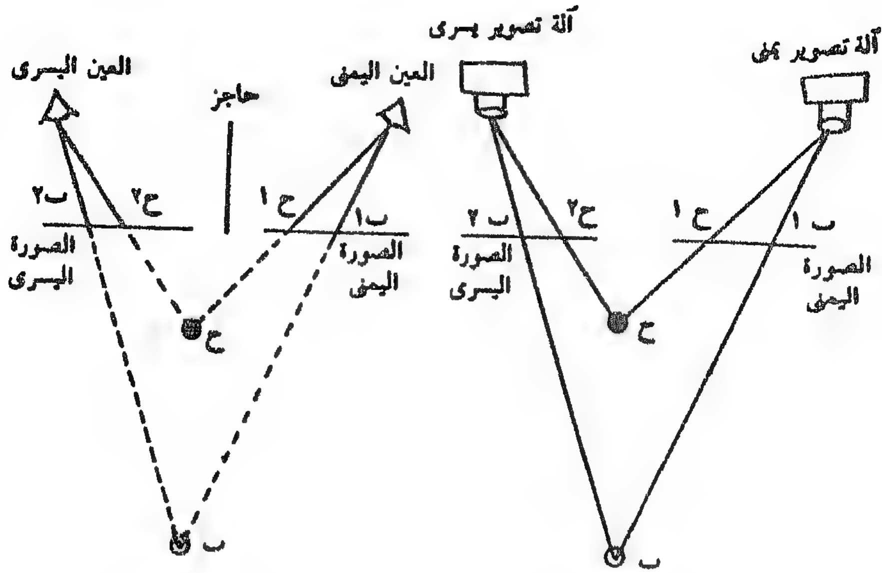
التمييز بين مسافة الكرتين :
الأولى حمراء قريبة ح
والثانية بيضاء بعيدة ب

شكل (٧٢)

وقدرة الإنسان فى التمييز بين بعد الأهداف وقربها مقيدة بحدود معينة. فإذا كانت الأهداف قريبة جداً على مسافة أقل من ٢٠ سم فإن العينين لايمكنهما التمييز بين بُعد الأهداف وقربها نظراً لكبر زاوية الإبتعاد لكل هدف عن الحد الممكن التمييز بينهما فيه. وكذلك إذا كانت الأهداف بعيدة على مسافة حوالى ٨٠٠م فإن العينين لايمكنهما التمييز أيضاً بين بُعد الأهداف وقربها فى هذه المنطقة نظراً لصغر زاوية الإبتعاد لكل هدف عن الحد الممكن تمييزه.

وللقيام بعملية الإبصار المجسم تشترك العين مع عصب الإبصار ومركز الإبصار فى المخ لأداء تلك المهمة. فالعين توجد بها القرنية وهى عدسة تجمع الأشعة الخفيفة المنبعثة عن المرئيات وتنظم مساراتها فتسقط تلك الأشعة على الشبكية التى تبطن داخل العين والتى تتكون من ملايين الخلايا الخاصة والألياف العصبية التى تكوّن العصب البصرى. وعند سقوط الأشعة الضوئية على تلك الخلايا وتنطبع صورتا الهدف على شبكتى العينين تحدث بها تأثيرات كيميائية تنتقل فى الألياف البصرية وعصب الإبصار على هيئة خفقات تصل إلى مركز الإبصار فى المخ حيث تتحول إلى إدراك بصرى للمرئيات.

أما بالنسبة للرؤية المجسمة من خلال الصوّر أو الخرائط الكنتورية أى الحصول على نماذج ضوئية مجسمة فإنه يجب توفيير شروط الرؤية المجسمة فى الفضاء. لذا يجب أخذ صورتان لنفس الهدف (الخريطة الكنتورية) من موضعى تصوير مختلفين يمثلان موضعى العينين اليمنى واليسرى فى الطبيعة. أى وضع آلة تصوير تحل محل العين اليمنى وتلتقط صورة الهدف أو الخريطة، ثم نقل آلة التصوير ووضعها كى تحل محل العين اليسرى وتلتقط صورة ثانية لنفس الهدف أو الخريطة (شكل ٧٣). ويمكن من هاتين الصورتين اليمنى واليسرى معرفة الهدف القريب من الهدف البعيد، بشرط أن توضع الصورتان أمام العينين بنفس الترتيب والنظام أثناء التصوير، أى أن توضع الصورة اليمنى أمام نفس العين كما كانت أثناء التصوير ولا يحدث لها أى دوران، وكذلك توضع الصورة اليسرى أمام نفس العين كما كانت أثناء التصوير ولايحدث لها أى دوران. كما يجب أن ينظر إلى الصورة اليمنى بالعين اليمنى فقط وإلى الصورة اليسرى بالعين اليسرى، فقط، أي يجب أن تنظر كل عين إلى الصورة المخصصة لها ولا ترى الصورة الأخرى، بحيث تنطبع على شبكية العين نفس الصورة التى كان يمكن أن تلحظها فى الفضاء. ويقوم المخ بترجمة هاتين الصورتين إلى صورة واحدة مجسمة فيتولد لدى الناظر إدراك الهدف القريب من الهدف البعيد.

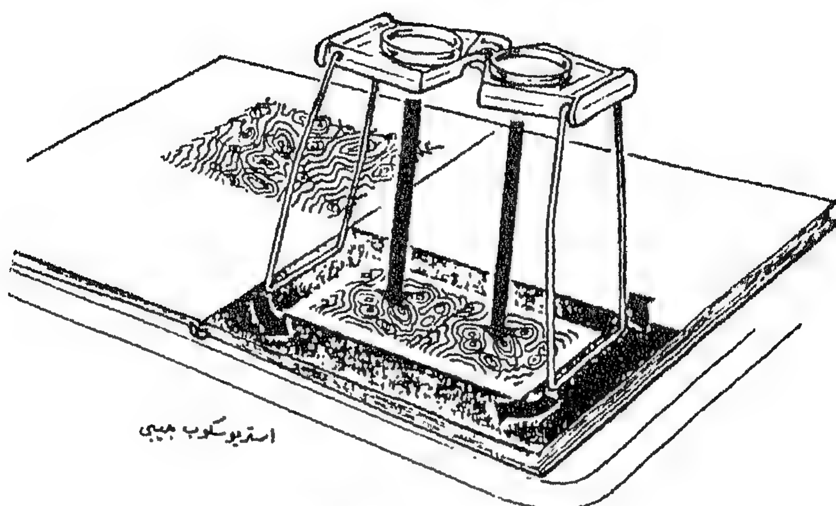


استبدال العينين بآلتي تصوير وتصوير الكرتين معا في الصورة اليمنى ح ١ ، ب١ وفي الصورة اليسرى ح ٢ ، ب٢

النظر إلى الصورة اليمنى بالعين اليمنى فقط وإلى اليسرى بالعين اليسرى فقط في نفس الوقت والاحساس باختلاف مسافة الكرتين من الصورتين .

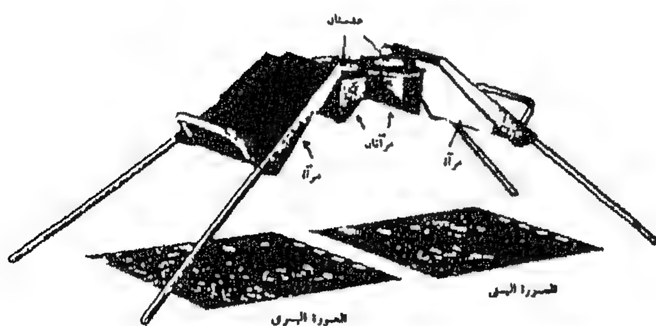
شكل (٧٣)

ويستخدم جهاز بسيط يعرف بالاستريوسكوب الجيبى Pocket Stereoscope له عدستان مكبرتان إلى الضعف تقريباً فى مساعدة كل عين فى النظر إلى الصورة الخاصة بها دون الأخرى. كما قد يستخدم جهاز آخر يعرف بالاستريوسكوب ذى المرايا Mirror Stereoscope وهو نفس فكرة الاستريوسكوب الجيبى إلا أنه نظراً لكبر أبعاد الصورتين (الخريطتين) المدروستين وضعت مرآتان لعكس الأشعة القادمة منهما وتوجيهها إلى عينى الناظر (شكل ٧٤).



استريوسكوب جيبي





الاستريوسكوب ذو المرايا

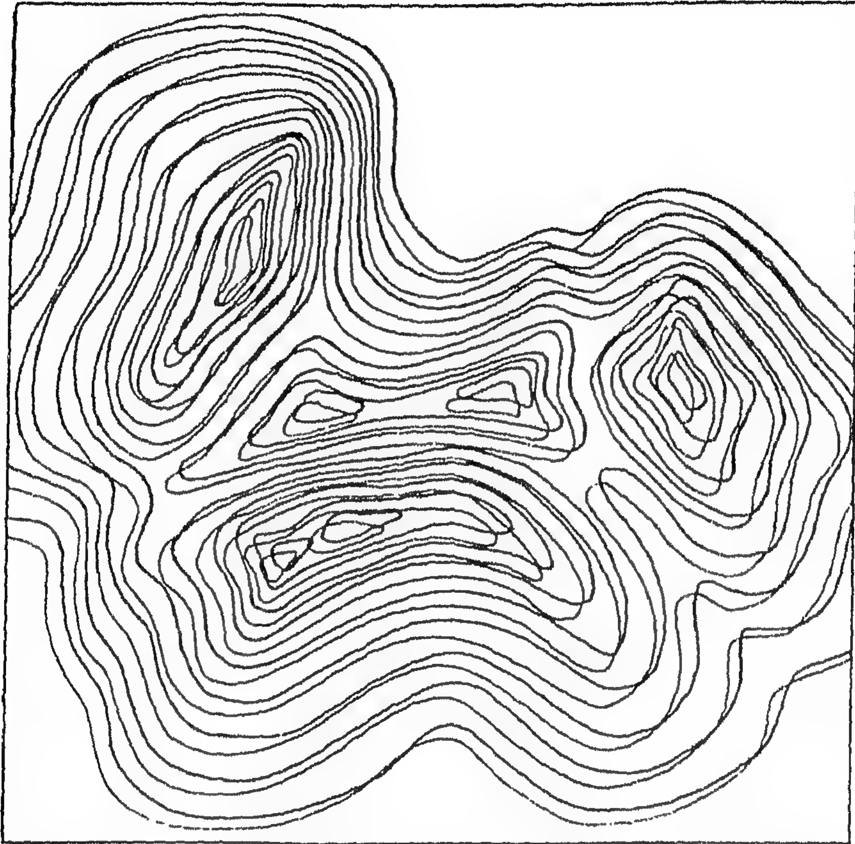
شكل (٧٤)

الإبصار المجسم بواسطة الأنا جليف Anaglyph:

يمكن الحصول على الرؤية المجسمة من الصور أو الخريطة الكنتورية عن طريق طبع كل من الصورتين الملتقطتين من موضعى تصوير مختلفين يمثلان موضعى العينين اليمنى واليسرى فى الطبيعة بألوان زاهية على لوحة واحدة. وذلك بأن تطبع الصورة الأولى باللون الأحمر مثلاً وتطبع الصورة الثانية باللون الأزرق أو اللون الأخضر، وتسمى الصورة الناتجة بالأنا جليف. ويستعمل الناظر إلى هذا الأنا جليف منظاراً يشبه النظارة إحدى زجاجتيه لونها أحمر تمرر الأشعة الحمراء فقط القادمة من طبعة الصورة الأولى ولا تمرر أى أشعة بلون آخر، والزجاجة الثانية لونها أزرق تمرر الأشعة الزرقاء القادمة من طبعة الصورة الثانية ولا تمرر أى أشعة بلون آخر. وبذلك ترى كل عين من عينى الراصد صورة واحدة فقط وينتج عن هذا رؤية مجسمة غير ملونة.

التجسيم الإستريوسكوبى للخريطة الكنتورية:

ظهرت أول خريطة كنتورية استريوسكوبية (مجسمة) عام ١٩٤٠ على يد Blee وهو أحد العاملين فى القوات الجوية الأمريكية. فقد قام بطبع صورتين التقطتا لخريطة كنتورية واحدة من نقطتين مختلفتين على لوحة واحدة. تمثل الصورة الأولى زاوية رؤية العين اليمنى والثانية تمثل زاوية رؤية العين اليسرى. وقد طبعت إحدى الصورتين باللون الأحمر والأخرى باللون الأخضر (شكل ٧٥). وعند النظر إلى تلك الصورة ذات اللونين المتداخلين (الأنا جليف) بواسطة استريوسكوب جيبى إحدى عينيه مغطاة بمرشح أحمر والأخر بمرشح أخضر أمكن رؤية الخريطة الكنتورية مجسمة والإحساس بالبعد الثالث.



خريطة كنتورية استريوسكوبية ذات لونين متداخلين (أنا جاليف)

شكل (٧٥)

ويمكن الحصول على الرؤية المجسمة للخريطة الكنتورية المطبوعة بلون واحد بإستخدام الاستريوسكوب الجيبى العادى أو الاستريوسكوب ذى المرايا. ويلزم ذلك رسم خريطة كنتورية أخرى للخريطة الكنتورية الأصلية تكون خطوط الكنتور بها مزاحة قطرياً عن مواقعها الأصلية ناحية الجانب الأيسر وإلى أسفل قليلاً. وتوضع الخريطة الأصلية أمام العين اليمنى لتراها العين اليمنى فى الاستريوسكوب، والخريطة الأخرى أمام العين اليسرى لتراها العين اليسرى فى الاستريوسكوب. أو العكس أى ترسم خريطة كنتورية أخرى للخريطة الأصلية وبحيث تكون خطوط الكنتور مزاحة قطرياً عن مواقعها الأصلية ناحية الجانب الأيمن وإلى أعلى قليلاً، وفى هذه الحالة توضع الخريطة الأصلية أمام العين اليسرى والخريطة الأخرى أمام العين اليمنى. وينتج عن الإزاحة الجانبية البسيطة مبالغة رأسية ملموسة لتضاريس سطح الأرض حتى يمكن أن تدركها العين. وعند النظر خلال عدسات الاستريوسكوب فإن الخريطتان يندمجان فى المخ فى خريطة واحدة، فيدرك العقل سطح الأرض مجسماً بأبعاده الثلاثة.

كما يمكن الحصول على الرؤية المجسمة للخريطة الكنتورية عن طريق رسم نسخة أخرى للخريطة الأصلية (دون إزاحة)، وتوضع الخريطة الأصلية أمام العين اليمنى تحت الاستريوسكوب وتوضع الخريطة الأخرى أمام العين اليسرى بشرط أن يكون مركزها أو الخط الأفقى الوهمى الذى يتوسطها والذى يمثل محورها السينى مزاحاً إلى أسفل قليلاً عن المحور السينى الوهمى للخريطة الأصلية الموضوعة أمام العين اليمنى مع ملاحظة عدم دورانها أى يكون المحوران السينيان للخريطتين موازيين لبعضهما البعض. أو العكس أى تثبيت الخريطة اليسرى أمام العين اليسرى والصورة اليمنى تكون مزاحة إلى أعلى قليلاً.

وتساعد الخرائط الكنتورية الاستريوسكوبية ذات اللون الواحد فى قراءة وتفسير الخريطة الكنتورية، إذ تجعل الرؤية الاستريوسكوبية الظاهرات وعناصر سطح الأرض

الأخرى أكثر وضوحاً وجلاءً ويمكن ملاحظتها من أول وهلة. وتتضمن تلك الرؤية الاستريوسكوبية:

١ – المنظور الصحيح للمرتفعات والمنخفضات على الخريطة.

٢ – ملاحظة التغير فى المنسوب من منطقة لأخرى على الخريطة.

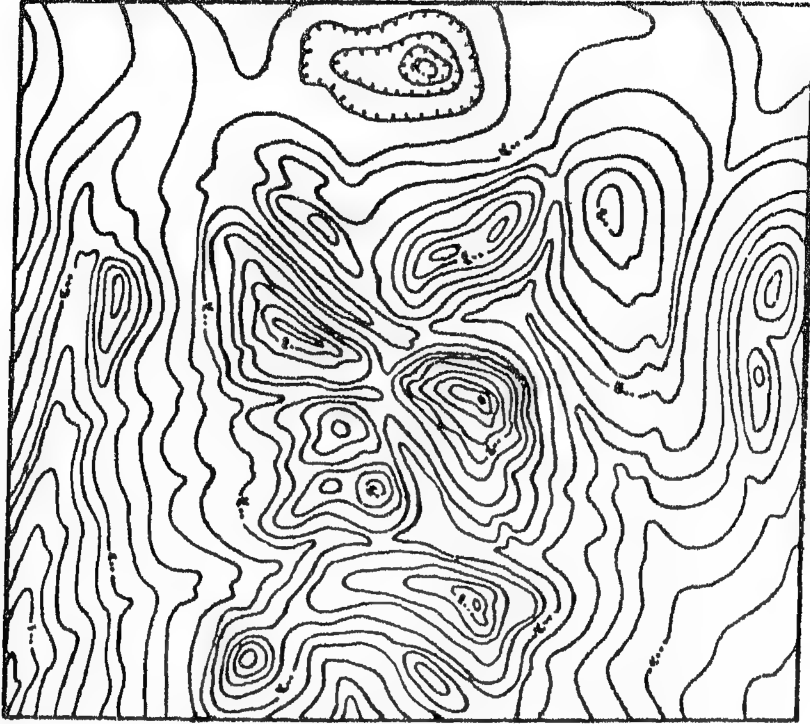
٣ – التعرف على مواقع أنواع المنحدرات على الخريطة.

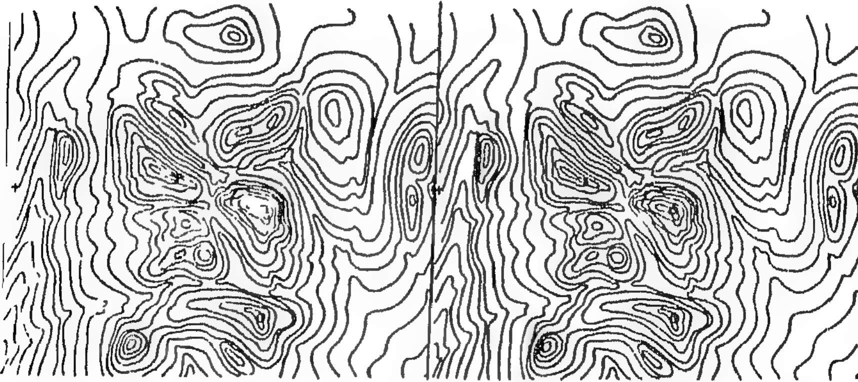
٤ – الإدراك البصرى لإنحدارات خطوط التصريف المائى السطحى أو قيعان الأودية الجافة.

٥ – التعرف على أشكال سطح الأرض وإمتدادها وتنوعها وتباينها فى المنطقة الممثلة على الخريطة وعلاقاتها ببعضها البعض ومقارنة أحجامها ومناسيبها النسبية.

٦ – التعرف على الظاهرات شبه السطحية مثل الجسور والأقواس الطبيعية.

ويفضل قبل النظر استريوسكوبياً إلى زوجى الخريطة الكنتورية موضع الدراسة، دراسة الخريطة الكنتورية البلانيمترية أى المستوية دراسة عامة سريعة وملاحظة مناسيبها، حيث أن أزواج الصور للخريطة الكنتورية المراد رؤيتها مجسمة ليس ضرورياً أن يكون مسجل عليها عنصر المنسوب (شكل ٧٦).





زوج من خريطة كنتورية استريوسكوبية مطبوعة بلون واحد ، ويمكن رؤيتها مجسمة بالاستريوسكوب

شكل (٧٦)

الفصل السادس
تظليل التضاريس
من الخريطة الكنتورية

- القواعد الأساسية فى التظليل.
- نظرية التظليل.
- أساليب إنشاء التظليل فى خرائط التضاريس.

أولاً: الأسلوب الفوتوغرافى باستخدام النماذج الأرضية.

ثانياً: أسلوب التظليل من الصور الجوية.

ثالثاً: أسلوب التظليل اليدوى.

رابعاً: التظليل باستخدام الحاسبات الألكترونية.

الفصل السادس
تظليل التضاريس من الخريطة الكنتورية

تهتم الدراسات الخرائطية عند تمثيل التضاريس على الخرائط بإظهار ثلاثة عناصر هى : تمثيل الأشكال الجيومورفولوجية لسطح الأرض، وتمثيل المنحدرات من حيث إتجاهاتها وتغيرات درجة الإنحدار، وإظهار المنسوب المطلق والنسبى بهدف مقارنة الوحدات التضاريسية بعضها ببعض.

وتعتبر طريقة الهاشور وطريقة خطوط الكنتور أكثر الأساليب شيوعاً فى تمثيل التضاريس، إلا أنه طرأت طريقة التظليل Hill Shading من الخريطة الكنتورية ومن الصور الجوية كطريقة جديدة للتعرف على العناصر المختلفة للتضاريس. ولكن يعيب هذه الطريقة أنها لاتبين المنسوب المطلق لسطح الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر. وقد شهدتْ طريقة التظليل تطورات هائلة الهدف منها إبراز عنصر الإرتفاع باستخدام خطوط الكنتور مع التظليل بالطرق اليدوية أو باستخدام الحاسبات الألكترونية.

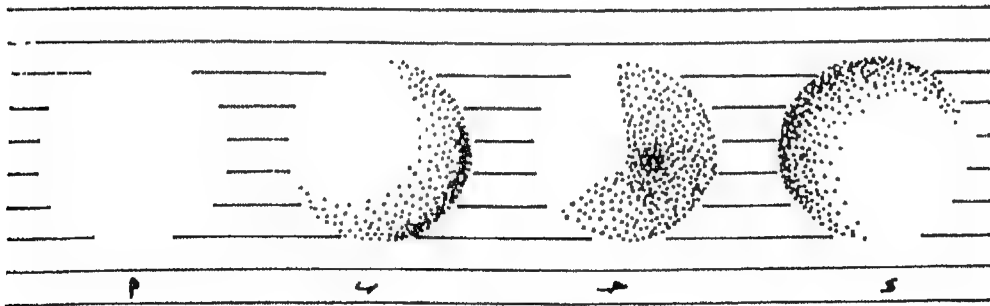
ويعنى تظليل التضاريس إبراز أشكال سطح الأرض عن طريق توزيع الظل والضوء فى نمط مستمر ومتباين يتم بواسطته تحقيق التأثير البصرى للبعد الثالث للتضاريس الممثلة على الخريطة أو بمعنى آخر إنشاء نموذج تضاريسى يوحى بالتجسيم على لوحة مستوية. ويمكن توقيع نمط التظليل إما بمفرده على الخريطة أو تطبع تفاصيله على الخريطة الكنتورية.

القواعد الأساسية فى التظليل :

يمكن معرفة تأثير الظلال على الإنطباع البصرى المتكون لدى قارئ الخريطة بمقارنة الأشكال (أ ، ب ، جـ ، د) بعضها ببعض فى (شكل ٧٧). وقد استخدم فى هذه الأشكال دائرة أى سطح مستوى ببعدين فقط، وظللت بأنماط مختلفة. وقد تحولت الدائرة فى الشكل ب بعد التظليل إلى نصف كرة تبدو مستقرة على سطح مستو ، بينما تحولت فى الشكل جـ إلى مخروط، أما فى

الشكل د فقد تحولت إلى منخفض نصف كروى. ويمكن تفسير هذه الأشكال فى أن العين تقدر على رؤية الجسم بأبعاده الثلاثة عند تعرضه للضوء، وكلما ابتعدت جوانب وأجزاء الجسم عن مصدر الضوء تصبح فى الظل، مما يساعد العين على تمييز الأشكال الهندسية البسيطة وإدراكها بسهولة، كتمييز نصف الكرة عن المخروط.

ويتضح من التجارب التى أجريت على نماذج تضاريس مختلفة أن أفضل تأثير بصرى فى التظليل يتحقق عندما يكون مصدر الضوء فى الجهة اليسرى العلوية حيث يتركز الظل باتجاه العين، أما إذا كان مصدر الضوء فى الجهة اليمنى السفلية فإنه يؤدى إلى حدوث إنقلاب فى التضاريس حيث تظهر المنخفضات على هيئة مرتفعات والعكس صحيح، بل أحياناً تجد العين صعوبة فى التمييز بين شكل وآخر. يتضح ذلك إذا ما نظر إلى الصورة الجوية من أى إتجاه آخر غير الإتجاه الصحيح. ويبدو من الصعب تفسير أثر إنقلاب التضاريس بطريقة مقنعة، إذ يبدو أن العين تتكيف مع الضوء من أعلى ومن ثم الظلال من أسفل. وبناء عليه فإن الظلال التى تبدو باتجاه صاعد تعتبر ظاهرة غير طبيعية، ولذلك تواجه العين صعوبة فى تمييز الأشكال التضاريسية، وبالتالى يحدث الإنقلاب التضاريسى كخداع بصرى.



شكل (٧٧)

نظرية التظليل :

يقوم نظام التظليل من الناحية النظرية على فروض أساسية هى :

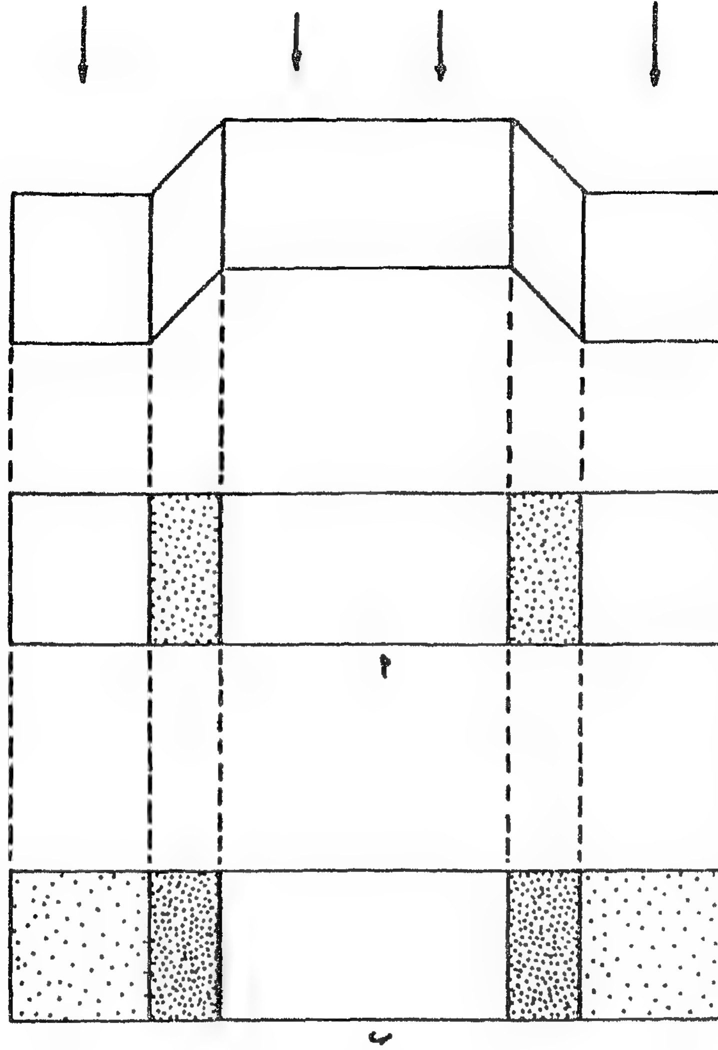
١ – وجود مصدر ضوئى إما من وضع رأسى أو من وضع مائل بالنسبة للنموذج التضاريسى ذى الأبعاد الثلاثة، إذ ينتج عن ذلك تباين فى كثافة الضوء الساقط على الأجزاء المستوية والأجزاء المنحدرة من النموذج. ويحدد عنصر الإتجاه الذى يأتى منه الضوء مقدار التباين فى الضوء والظل وتوزيعه. فإذا كان مصدر الضوء من وضع رأسى فإن الأجزاء المستوية مثل أسطح الهضاب وبطون الأودية وأسطح السهول وقمم الجبال المتآكلة تتلقى أكبر كمية من الضوء، بينما تتلقى الأجزاء المنحدرة كمية من الضوء تقل بإزدياد درجة الإنحدار حتى تتلقى المنحدرات الرأسية أدنى كمية من الضوء فتبدو قاتمة جداً أو سوداء، وبمعنى آخر كلما إزدادت درجة الإنحدار كلما زاد مقدار الظل عليها. أما إذا كان مصدر الضوء فى وضع مائل بالنسبة للنموذج التضاريسى بحيث يكون فى الركن الأيسر العلوى فتكون النتيجة تركيز الضوء على المنحدرات والسفوح المقابلة أى السفوح الشمالية الغربية والغربية بينما يتركز الظل فى السفوح والمنحدرات الشرقية والجنوبية الشرقية.

٢ – يقوم الفرض الثانى على مفهوم المنظور الجوى Aerial Prespective الذى يأخذ بعين الإعتبار تأثير عامل البعد عن عين الراصد. إذ كلما كان الجسم بعيداً عن عين الراصد كلما قل مقدار التباين بين الضوء والظل، وكلما قل التباين بين الألوان، حتى يصل الجسم إلى مسافة معينة من عين الراصد فيختفى التباين كلياً. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن التباين فى الألوان يتضاءل تدريجياً نتيجة لطغيان السحنة الرمادية المائلة إلى الزرقة، وبمعنى آخر كلما كان الجسم بعيداً كلما اتخذ لوناً قاتماً. وبتطبيق هذا المبدأ فى عملية تظليل التضاريس، نجد أنه عند النظر إلى التضاريس من أعلى تكون قمم المرتفعات أقرب إلى العين، وبالتالى تأخذ لوناً فاتحاً أو باهتاً، بينما تأخذ بطون الأودية لوناً قاتماً بسبب بعدها

عن عين الراصد. وبين هذين الطرفين - اللون الفاتح واللون الداكن - يتوزع اللون من حيث التركيز بدرجات تتناسب مع البعد عن القمم. وتقوم عملية تظليل التضاريس على الربط بين مفهوم الإضاءة - الرأسية أو المائلة - ومفهوم المنظور الجوى لإبراز البعد الثالث للتضاريس، بالإضافة إلى إستخدام خطوط الكنتور مع التظليل لتوضيح عنصر المنسوب عن متوسط سطح البحر. ويمكن توضيح العلاقة بين مفهوم الإضاءة ومفهوم المنظور الجوى على النحو التالى :

أ - المنظور الجوى والإضاءة من وضع رأسى : عند تعريض النموذج التضاريسى للإضاءة من وضع رأسى فإن الأسطح المستوية تتلقى كمية من الضوء أكبر من المنحدرات والسفوح، وكلما ازدادت درجة إنحدار المنحدرات كلما قلت كمية الضوء الساقطة عليها، وبمعنى آخر يزداد الظل. ويوضح ذلك المثال التالى :

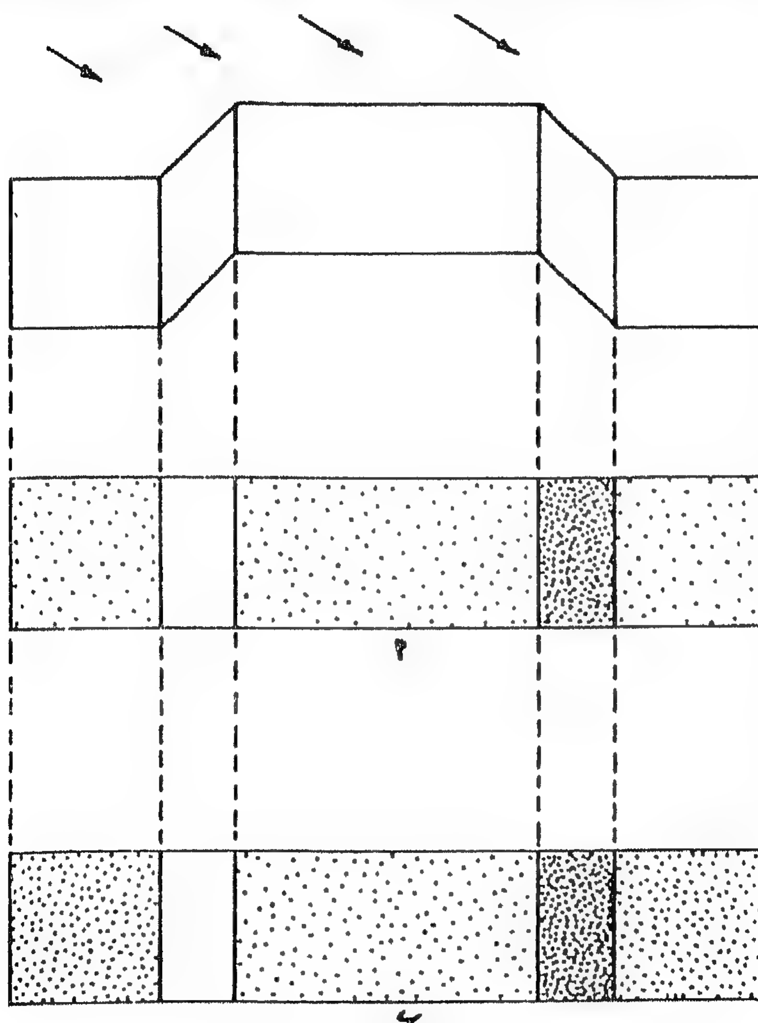
إذا أخذ شكلاً هندسياً بسيطاً يمثل جزء من هضبة مستوية السطح ترتفع فوق سطح سهلى مستوى أيضاً (شكل ٧٨)، فعند إسقاط الضوء عليه من وضع رأسى فإن الأسطح المستوية أ ، ب تتلقى كميات كبيرة من الضوء بالمقارنة مع المنحدرات الجانبية للهضبة التى تظهر عليها الظلال. ومع إزدياد إنحدار السفوح الجانبية تزداد الظلال تركيزاً مما يحقق الحد الأدنى من خصائص البعد الثالث للتضاريس (شكل ٧٨ أ) . ويمكن إدخال عنصر المنظور الجوى على هذا النموذج الهضبى الهندسى، فنظراً لأن السطح السهلى فى موضع أبعد من السطح الهضبى بالنسبة لمصدر الضوء، فإن السطح السهلى يتلقى كمية أقل من الضوء من السطح الهضبى، أى أن السطح السهلى أكثر ظلالاً بينما السطح الهضبى أكثر إضاءة. وإذا كان السطح الهضبى أقرب إلى عين الراصد من السطح السهلى فمن الطبيعى أن يكون أكثر إضاءة منه. وهذا بالطبع يحقق نفس نتائج النظر للأشياء فى المستوى الأفقى، حيث تظهر فيها الأجسام القريبة واضحة تماماً ومضاءة، بينما تخف كمية الإضاءة تدريجياً بالإبتعاد عن عين الراصد. وهنا يظهر تأثير التظليل فى إبراز البعد الثالث للتضاريس (شكل ٧٨ ب).



شكل (٧٨)

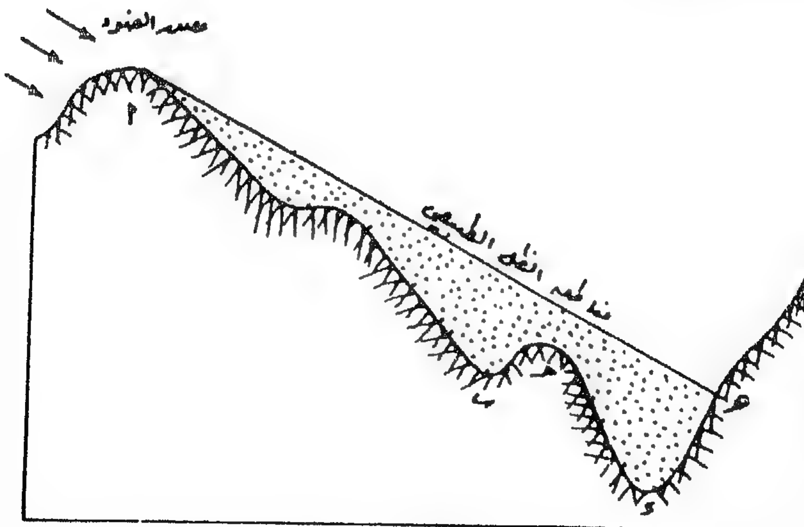
ب – المنظور الجوى والإضاءة من وضع مائل : إذا تعرض النموذج الهضبى الهندسى السابق لمصدر ضوئى من الجانب الأيسر العلوى بحيث يسقط الضوء عليه بزاوية قدرها ٤٥° ، فإن الأسطح المستوية تتحول إلى أسطح مائلة، بينما تصبح الأسطح المواجهة لمصدر الضوء أكثر سطوعاً وإضاءة (شكل ٧٩). ويستدعى ذلك تظليل السفوح التى تقع فى الجهة العكسية من جهة مصدر الضوء وصرف النظر

من الأسطح المستوية. ويتضح من هذه العملية أن التأثير البصرى للبعد الثالث يكون أكثر وضوحاً، لذا فإن أسلوب التظليل المبنى على الإضاءة من ضوء مائل هو الشائع فى تظليل التضاريس. وبربط مفهوم المنظور الجوى بالإضاءة المائلة، نجد أن هذه الطريقة تعطى أفضل إنطباع بصرى للتضاريس فى أبعادها الثلاثة (شكل ٧٩ ب)، إلا أنه يصعب إستخدامها من الناحية العملية فى حالة الأراضى



شكل (٧٩)

شديدة التضرس. فيلاحظ وجود إختلافات بين التظليل بالمعنى الخرائطى والظل الحقيقى True Shadow ، إذ نجد فى حالة الظل الحقيقى أن الجسم الذى يرتفع عن الأجسام المحيطة به يحجب الضوء عن الأجسام البعيدة عن مصدر الضوء وبالتالى نشر الظل عليها (شكل ٨٠). فالمنطقة الواقعة فى الظل هى التى تمتد من النقطة أ إلى النقطة هـ وعلى الرغم من أن السطح ب جـ يواجه مصدر الضوء إلا أنه يقع فى الظل تماماً، كما يمتد ظل المرتفع أ صاعداً على المنحدر د هـ، وعلى ذلك عند تظليل المنحدرات الممثلة فى (شكل ٨٠) تظليلاً طبيعياً فإن الأشكال التضاريسية الناتئة ب ، جـ ، د سوف تختفى تماماً، وبالتالى يكون من الصعب تحديد السفوح السفلى للمرتفع الذى على إمتداد د هـ . ولكن عند تظليل المنحدرات بأسلوب التظليل الخرائطى الذى يمكن تسميته بالتظليل الصناعى فإن الظل سوف يتوقف عند النقطتين ب ، جـ بحيث يترك المنحدرات المقابلة لمصدر الضوء مثل ب جـ ، د هـ مضاءة، بينما تكون المنحدرات أ ب ، جـ د واقعة فى الظل.



شكل (٨٠)

والخلاصة أن إستخدام التظليل الخرائطى (الصناعى) يساعد على إبراز المنحدرات أيا كان إتجاهاتها وتغيراتها، وهو أمر يصعب تحقيقه باستخدام فرضية الظل الطبيعى.

أساليب إنشاء التظليل فى خرائط التضاريس Shading Techniques :

أولاً : الأسلوب الفوتوغرافى باستخدام النماذج الأرضية:

تعتمد هذه الطريقة فى التظليل على صنع نموذج مصنوع من البلاستيك الأبيض عليه معلومات دقيقة عن المنطقة التى يمثلها كخطوط الكنتور ونقط المناسيب وخطوط التصريف المائى وذلك بمبالغة رأسية مناسبة، ثم يتم تعريض هذا النموذج لمصدر ضوئى مائل يقع فى الجانب الشمالى الغربى منه ثم تصويره فتكون النتيجة صورة عليها نمط ظلال مستمر تعطى إنطباعاً جيداً عن الأشكال التضاريسية بأبعادها الثلاثة. وعلى الرغم من سهولة هذا الأسلوب إلا أنه يؤخذ عليه المثالب التالية :

١ – أن الظل المتكون تبعاً لهذا الأسلوب هو ظل طبيعى، وقد ذكر سابقاً أن الظل الطبيعى غير مناسب لتوضيح التضاريس بأسطحها المستوية ومنحدراتها. وبالتالى إذا كانت هناك سلسلة مرتفعات تأخذ إتجاهاً عمودياً على المصدر الضوئى فإنها تظهر بوضوح، أما إذا كانت تمتد فى موازاة الضوء فإن جميع أجزائها سوف تضاء بنفس النسبة مما يؤدى إلى إختفاء البعد الثالث وعدم وضوحها.

٢ – يصعب على الخرائطى إبراز الأشكال التضاريسية الرئيسية وإهمال الأشكال الثانوية. وينتج عن ذلك أن جميع المنحدرات سواء كانت كبيرة أم صغيرة سوف تظلل تبعاً لإتجاهاتها بالنسبة لمصدر الضوء، وبالتالى يصعب إبراز التغير فى درجة الإنحدار وتحديد نقط تغير الإنحدار Break of Slope على طول إمتداد المنحدرات.

٣ - يجب أن يكون النموذج الأرضى مصنوعاً بدقة متناهية ويبين مناسيب التضاريس بمبالغة رأسية مناسبة، وإلا فإنه يصعب إضافة خطوط الكنتور أو شبكات التصريف المائى إلى الخريطة. وقد اقترح G. F. Jenks & F. C. Caspall عام ١٩٦٧ معادلة لتحديد المبالغة الرأسية المناسبة عند تمثيل أشكال سطح الأرض بأبعادها الثلاثة. ويستخدم فى المعادلة قيمة الفاصل الكنتورى الذى يعكس قيمة التضاريس المحلية، وهذه المعادلة هى :

المبالغة الرأسية = ٦,٨٧ - ٤,٨٢ × لو الفاصل الكنتورى (بالأقدام)

وتنشأ النماذج الأرضية فى الهيئة المصرية العامة للمساحة عن طريق طبع الخريطة الطبوغرافية على لوح من البلاستيك الأبيض بما عليها من ظواهر طبيعية وبشرية، ثم يثبت هذا اللوح بحيث يلامس قمم نموذج من الجبس الأبيض يمثل تضاريس المنطقة الممثلة على الخريطة، ويوجه بدقة بحيث تنطبق المعالم الجغرافية على الخريطة الطبوغرافية على نظيرتها فى المجسم. ويتم تعريض لوحة البلاستيك وتحتها النموذج التضاريسى لمصدر ضوئى قوى ينتج عنه درجة حرارة تكفى لجعل لوحة البلاستيك فى حالة لدنه فتنزلق وتكسو جوانب النموذج وتنطبق عليه ثم تنزع من فوقه بعد تعريضها لتيار من الهواء البارد. وبذلك يتم الحصول على نموذج أرضى دقيق عليه كافة المعالم الجغرافية ومرسوم عليه خطوط الكنتور التى تبين مناسيب سطح الأرض وخطوط الهاشور التى تساعد على إبراز الأشكال التضاريسية محدودة المنسوب والإمتداد.

ومهما كان الأمر فإنه يمكن التغلب على هذه المثالب أو التقليل منها باستخدام مصدر ضوئى آخر يأخذ وضعاً مناسباً لإبراز البعد الثالث فى النموذج بصورة جيدة. كما يمكن إدخال بعض التعديلات على الصورة الملتقطة للنموذج بإضافة رتوش معينة باليد. وتعتبر خرائط تظليل التضاريس التى تنتج بهذا الأسلوب من أكثر الخرائط شيوعاً لاسيما فى الأطالس والخرائط ذات مقياس الرسم الصغير.

ثانياً : أسلوب التظليل من الصور الجوية:

تستخدم الصور الجوية على نطاق واسع فى إنشاء خرائط تظليل التضاريس، لأنها تظهر التضاريس بأشكالها الحقيقية. وينشأ منها الخرائط الطبوغرافية والخرائط الكنتورية التى سوف يوقع عليها الظل. ومن الممكن إستخدام أزواج الصور الجوية التى تعطى الإحساس الأستريوسكوبى أى الإحساس بالتجسيم للتضاريس الأرضية فى عملية التظليل مباشرة، وبدون الرجوع إلى الخطوط الكنتورية لأخذ معلومات عن مناسيب أشكال سطح الأرض. وتعتبر هذه الطريقة عملية وسريعة إذا ما توفر غطاء كامل من الصور الجوية للمنطقة المراد تمثيلها بخريطة تظليل التضاريس. ويعيب هذه الطريقة أن الربط الأرضى Ground Control لا يكون دقيقاً عند القيام بالرسم الآلى باستخدام الأجهزة الفوتوجرامترية العادية. كما أن خرائط التضاريس التى تنتج بهذا الأسلوب تعتبر خرائط استطلاعية لاعطاء صورة عامة عن أنماط التضاريس بالمنطقة.

ويستخدم فى عملية الرسم اجهزة فوتوجرامترية متنوعة منها المتطور مثل PG2 Kern, Wild B85, Aviograph، ويمكن الحصول من هذه الأجهزة على نتائج طيبة إذا ما توخى الخرائطى الدقة فى عملية الربط الأرضى وعملية الرسم. وهناك أجهزة فوتوجرامترية بسيطة مثل جهاز I. T. C. Stereo الهولندى أو جهاز Radial Line Plotter الأمريكى، والجهاز الأخير سهل الاستعمال ومناسب لإنتاج خرائط التظليل العادية الأقل دقة. ويعمل هذا الجهاز بطريقة الخطوط الاشعاعية، إذ بعد وضع زوج الصور الجوية وضبطها على الجهاز يمكن رؤية المجسم الفوتوغرافى لسطح الأرض، ويمكن عندئذ رسم الإطار العام للتظليل كأن توقع أولاً الحافات والضلوع الجبلية والأسطح الهضبية وبطون الأودية، وبعدها توقع التفاصيل الأخرى بالظلال المطلوب.

هذا وتعتبر الأساليب الفوتوجرامترية من أسرع وأسهل الوسائل فى إنتاج خرائط تظليل التضاريس، ولكن يجب القول أن المعلومات البلانيمترية التى يمكن

حسابها من الخريطة المنتجة غير دقيقة، ولذلك - كما ذكر سابقاً لا تصلح مثل تلك الخرائط إلا فى الدراسات العامة والاستطلاعية.

ثالثاً : اسلوب التظليل اليدوى:

يتم التظليل فى هذه الطريقة إما بالرسم أو التلوين اليدوى وذلك بوضع لوحة شفافة من الكلك أو البلاستيك أو نصف شفافة من القماش الشفاف Tracing Cloth فوق الخريطة الكنتورية حيث تستخدم خطوط الكنتور كدليل مساعد فى عملية التظليل التى تتم بالقلم الرصاص. ومن مميزات التظليل اليدوى المرونة فى العمل، إذ يستطيع الخرائطى أن يكثف من الظل الموقع على الخريطة أو يخففه حتى يتحقق أمثل إنطباع عن التضاريس. ومن عيوب طريقة التظليل اليدوى أنها ذات تكلفة عالية وتحتاج إلى وقت طويل ومهارة فائقة. ويتحتم على الخرائطى أن يكون ملماً بالمنطقة المراد تمثلها إلماماً جيداً فى الطبيعة، كما يجب أن يكون على معرفة جيدة وواعية بعلم الجيومورفولوجيا.

ومن المشاكل الفنية التى تواجه الخرائطى عند قيامه بالتظليل اليدوى هو صعوبة توقيع نمط تظليل مستمر بدون إنقطاع فى الأراضى المستوية الواسعة إذ يصعب عليه التركيز فى التظليل. ويمكن التغلب عليه هذه المشكلة بعدة وسائل منها:

١ - استخدام قلم أسود (رصاص أو فحم) وقلم آخر أبيض حيث تظلل السفوح الواقعة فى الظل والسفوح المضاءة على التوالى. وبعد الإنتهاء من هذه العملية توضح اللوحة الشفافة (الكلك) فوق لوحة رمادية اللون حتى تتوفر خلفية مستمرة من نمط الظلال. وتتميز هذه الطريقة بأنها تبين التغيرات المورفوجرافية فى المنحدرات.

٢ - يمكن إستخدام لوحة من البلاستيك يطلى سطحها بطبقة من اللون الرمادى

حيث تظلل المنحدرات بالقلم الرصاص أو الفحم أى بزيادة درجة دكانة (قتامة) اللون، بينما توضح الأراضى المستوية المضاءة البيضاء إما بتركها بنفس لون الطبقة الرمادية أو بإزالة تلك الطبقة. وبعد الإنتهاء من هذه العملية توضع اللوحة على ورقة بيضاء مما يعطى تبايناً واضحاً بين الأجزاء المظللة والأجزاء المضاءة.

٣ – إستخدام طريقة رش الألوان عن طريق أنبوبة رش الألوان – وهى عبارة عن أنبوبة تحتوى على اللون المطلوب تحت ضغط هواء عالى نسبياً. ويرش اللون من فوهة الأنبوبة بالضغط عليها (تشبة أنبوبة رش المبيدات الحشرية) فينشأ نمط مستمر يتراوح بين الظل الخفيف والظل الداكن، وذلك بتكرار عملية الرش بمعدل ثابت. ويمكن تمييز الحدود بين أنماط الظل بالحفر وإزالة اللون من فوق لوحة البلاستيك ثم إضافة بعض الرتوش باليد لاستكمال التظليل.

وقد أدخل كل من Amiran و Karmon تعديلات على طريقة التظليل اليدوى بحيث تجمع بين إستخدام الألوان وخطوط الكنتور والإضاءة. وذلك بإعطاء خطوط الكنتور ألواناً مختلفة تعبر عن التسلسل الهبسوجرافى بدلاً من تلوين المساحات الواقعة بين خطوط الكنتور بألوان متدرجة أى ترك تلك المساحات بيضاء بدون تلوين ثم تملأ تلك المساحات بالظلال. وقد أعطت هذه الطريقة فى التظليل نتائج جيدة من حيث التأثير البصرى وتحقيق الإحساس بالبعد الثالث حتى فى حالة أشكال سطح الأرض الصغيرة. وقد طبقت تلك الطريقة فى تمثيل نماذج تضاريسية من الأراضى الجافة بنجاح.

وبصفة عامة فإن التظليل اليدوى يتميز بعدة فوائد :

١ – مرونة العمل من جهة، وإمكانية التحكم فى مصدر الضوء وتغيير موقعه حتى يتحقق الإنطباع البصرى المناسب بالنسبة للبعد الثالث.

٢ – يمكن التركيز على أشكال سطح الأرض الرئيسية لإبراز جيومورفولوجية السطح فى المنطقة وتركيبها البنائى العام، وحذف التفاصيل غير المطلوبة.

٣ – لما كانت الخريطة الكنتورية هى الأساس الذى يتم عليه التظليل، فإنه يمكن توقيع التظليل بطريقة تتفق مع النمط الكنتورى للمنطقة المراد تمثيلها، كما يمكن إضافة أى تفاصيل أخرى تساعد على تحقيق الإحساس بالبعد الثالث.

٤ – يمكن زيادة وضوح البعد الثالث إذا ما اقترنت عملية التظليل بمفهوم المنظور الجوى، ولايتحقق هذا إلا عن طريق الخرائطى الدارس لأسس المساحة الجوية (الفوتوجرامترية).

أما عن عيوب طريقة التظليل اليدوى فيمكن تلخيصها فيما يلى :

١ – تتطلب وقتاً طويلاً ومهارة فائقة لإنشاء خرائط دقيقة.

٢ – من الصعب السيطرة على التظليل وإتقان توزيعه إذا كانت الخريطة كبيرة، وبالتالى يصعب إنتاج نمط ظلال مستمر ومتناسق فى سلسلة من اللوحات الطبوغرافية يكمل بعضها البعض. كما يصعب تكرار درجة الظل ونمطه عند إعادة التظليل لإنتاج خريطة جديدة لنفس المنطقة.

٣ – نقص المعلومات المورفومترية الضرورية فى خرائط التظليل اليدوى.

٤ – عدم القدرة أحياناً على تمييز الأراضى المرتفعة عن الأراضى المنخفضة بسبب الخداع البصرى الذى يسببه المصدر الضوئى.

٥ – صعوبة تحديد أو حساب قيم أو نسب الإنحدار للمنحدرات.

٦ – يعتبر تصوير نموذج تضاريسى ذى ثلاثة أبعاد ماهو إلا نوع من الإسقاط المركزى ينطبع على الخريطة الكنتورية وهى مسقط أفقى للتضاريس، وينتج عن ذلك إزاحة بلانيمترية واضحة فى الأشكال التضاريسية.

٧ - تعتبر الصورة الفوتوغرافية للنموذج التضاريسي ماهي إلا نوع من التبسيط والتعميم، والخريطة الكنتورية نفسها لاتخلو من تعميمات عند إنشائها لذا فعند تطبيق طريقة التظليل اليدوى على الخريطة الكنتورية فإنها لاتمثل الواقع تماماً.

٨ - تعتمد الطريقة اليدوية فى إنشاء خرائط تظليل التضاريس إلى حد كبير على خيال وأفق الخرائطى وخلفيته العلمية الجيومورفولوجية وقدرته على تصور الأشكال الجيومورفولوجية فى بيئاتها التى تختلف عن البيئة المحلية التى يعيش فيها، وهذا يؤدى إلى زيادة التركيز فى أجزاء والتعميم فى أجزاء أخرى عن طريق توقيع كثافات متباينة من الظل فى غير موقعها الطبيعى ولاتتوافق مع شكلها الجيومورفولوجى.

رابعاً : أسلوب التظليل باستخدام الحاسبات الألكترونية :

وضع المهندس الألمانى فيكل Wicchel عام ١٨٧٨ الأسس الرياضية للتظليل على أساس الضوء الساقط على عدد من النقط ذات الكثافات المتماثلة بخطوط تساوى أطلق عليها اسم Isophotos ، ثم تظليل المساحات المحصورة بين خطوط التساوى بظلال متدرجة حسب كثافة الضوء الساقط، وقد وضع فيكل معادلة لحساب كثافة الضوء هى :

$$I = \cos e$$

$$\cos e = \cos a . \cos b + \sin a. \sin b. \cos c.$$

حيث I = كثافة الضوء

e = الزاوية المحصورة بين أشعة الضوء والإتجاه العمودى على المنحدر

a = الزاوية بين المستوى الرأسى والأشعة الضوئية

b = الزاوية بين الإتجاه العمودى على المنحدر والمستوى الرأسى.

c = زاوية الميل بين المنحدر المضاء والمستوى العمودى المتقاطع مع الأشعة الضوئية.

ويتضح من هذه المعادلة أن كثافة الضوء تعتمد على زاوية ميل السطح وإتجاهه بالنسبة للمستوى الأفقى والمستوى العمودى خلال الأشعة الضوئية.

وقد بقيت معادلة فيكل بعيدة عن التطبيق نظراً لما تحتاجه من عمليات حسابية طويلة ومعقدة لحساب كثافة الضوء. إلا أنه بعد ظهور الحاسبات الألكترونية المتطورة تبنى يوئيلى Yoeli عام ١٩٦٧ هذه المعادلة لحساب كثافة الضوء، وإستخدم الحاسب الألكترونى الراسم Computer Plotter فى حساب كثافة الضوء وفى توقيع نتائجها على الخرائط فى هيئة ظلال تتفاوت فى عمقها بشكل يتناسب مع كثافة الضوء الساقط على السطح وشدته. ويمكن تلخيص طريقة يوئيلى فى تظليل التضاريس على النحو التالى :

١ - يقسم سطح الأرض المراد إنشاء خريطة تظليل تضاريسية له إلى عدد من العناصر الأرضية أو الأسطح الصغيرة.

٢ - حساب كثافة الضوء الساقط بأشعة متوازية على كل سطح صغير.

٣ - للحصول على تأثير بصرى مستمر يجب أن تكون العناصر الأرضية أى الأسطح الصغيرة صغيرة جداً بحيث تؤلف فى مجموعها موزيك. وقد حدد يوئيلى طول ضلع هذا السطح الصغير جداً بربع ملليمتر أى أن السنتيمتر المربع الواحد يقسم على شكل شبكة Screen ويحتوى على ١٦٠٠ مربعاً صغيراً. وعلى ذلك فإن الخريطة التى تبلغ أبعادها ٥٠ × ٥٠ سم تحتوى على أربعة ملايين مربعاً صغيراً لكى تصبح خريطة تظليل تضاريسى بالحاسب الألكترونى.

وتتم صناعة خريطة تظليل التضاريس بهذا الأسلوب بالمراحل الثلاث التالية :

أ - مرحلة إعداد وتوفير البيانات اللازمة لحساب كثافة الضوء.

ب - مرحلة حساب كثافة الضوء.

جـ - مرحلة التمثيل الخرائطي للبيانات الرقمية الناتجة من المرحلة السابقة.

أ - مرحلة توفير البيانات اللازمة :

لحساب كثافة الضوء الساقط على السطح الصغير جداً الذى على شكل مربع طول ضلعه ربع ملليمتر، يجب إيجاد مركبات السطح فى المستويين الأفقى والرأسى. ولما كانت مساحة الأسطح الصغيرة وأضلاعها المحيطة متساوية وجوانبها موازية للمحورين السينى والصادى (X.Y) فى نظام الإحداثيات فإن مركبات X ومركبات Y تكون إما قيمة ثابتة أو صفر. أما الإحداثى الرأسى أى فى المستوى الرأسى (Z) فيمكن حسابه من متوسط مناسيب الأركان الأربعة لكل مربع (شكل ٨١). فإذا رمز للأركان الأربعة بالرموز A, B, C, D ومناسيبها AH, BH, CH, DH على التوالى :

$$\text{فإن مركبات } Z = b_z = \frac{(HD-HA) + (HC-HB)}{2}$$

$$= a_z = \frac{(HB-HA) + (HC-HD)}{2}$$

ويبين (شكل ٨١) طريقة حساب مركبات Z من الخريطة الكنتورية التى تبين أركان الأسطح الصغيرة.

$\vec{a}: a_x = Constant$

$a_y = 0.0$

$a_z = \frac{(H_B - H_A) + (H_C - H_D)}{2}$

$\vec{a}: a_x = 40m.$

$a_y = 0.0$

$a_z = \frac{(392 - 378) + (395 - 383)}{2} = 13m.$

$\vec{b}: b_x = 0.0$

$b_y = Constant$

$b_z = \frac{(H_D - H_A) + (H_C - H_B)}{2}$

$\vec{b}: b_x = 0.0$

$b_y = 40m.$

$b_z = \frac{(383 - 378) + (395 - 392)}{2} = 4m.$

1:4000

شكل (٨١)

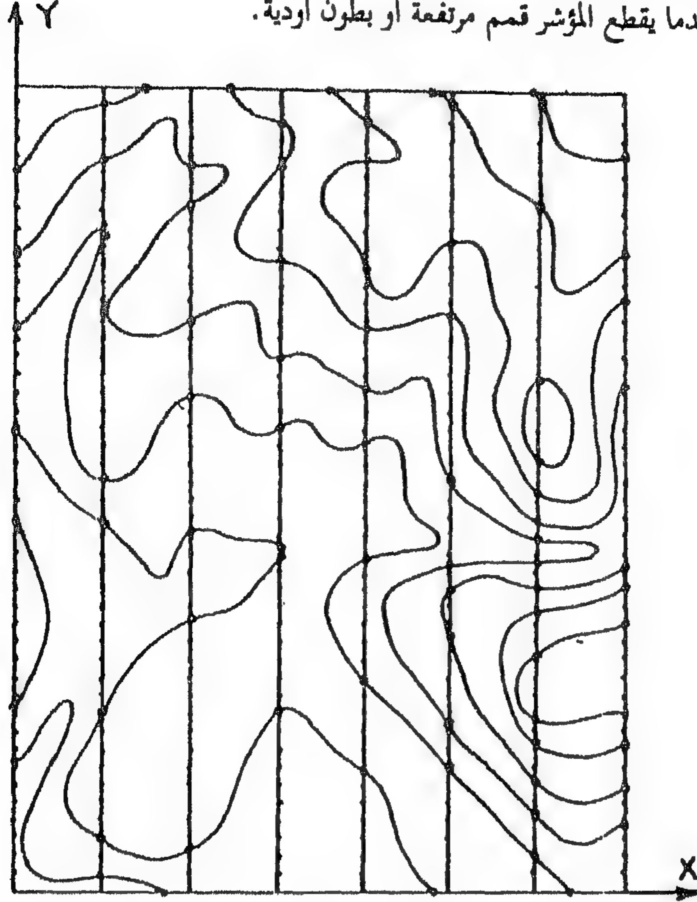
ويلاحظ آن العملية السابقة هى جزء من المرحلة الثانية، إلا أنه فى المرحلة الأولى، يتم تقدير المناسيب المطلقة لأركان الأسطح الصغيرة من واقع خطوط الكنتور وفق خطوتين هما :

١ - قياس القطاعات.

٢ - حساب أركان الأسطح الصغيرة بطريقة حساب الإستكمال Interpolation.

الخطوة الأولى : قياس القطاعات : يوقع فى هذه الخطوة شبكة من خطوط القطاعات على الخريطة الكنتورية، حيث يتم قياس المسافات بين نقط تقاطع القطاعات مع خطوط الكنتور (شكل ٨٢)، وذلك بتمرير مؤشر (إبرة مرقم الحاسب الألكترونى Stylus) على طول القطاع بحيث يعطى المؤشر إشارة تسجيل

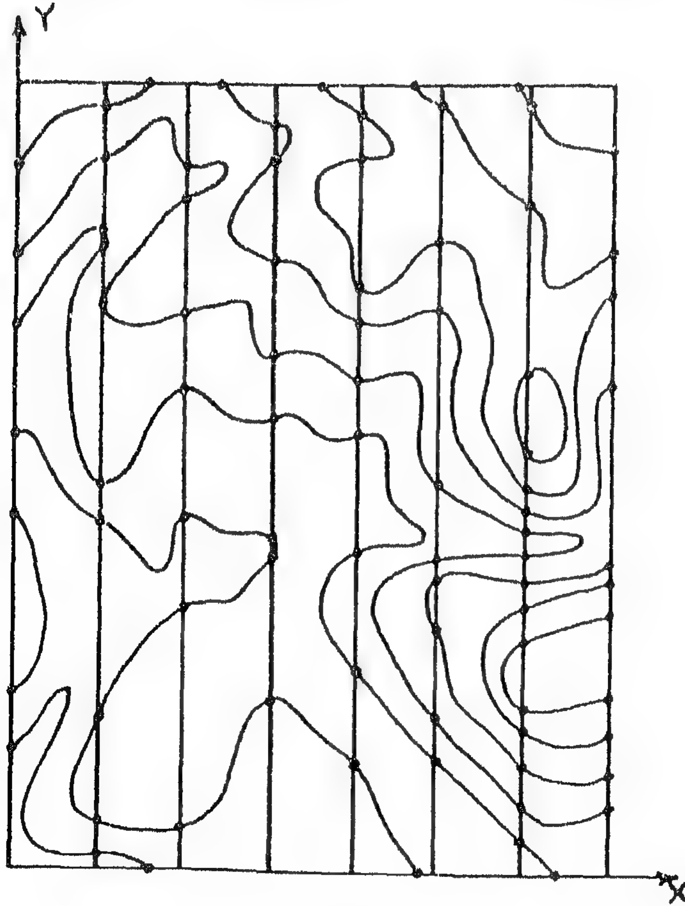
المسافة على شريط ممغنط أو مثقب. كما يتم فى هذه الخطوة تحديد ما إذا كانت مناسيب الأسطح الصغيرة آخذة فى الإرتفاع أو فى الإنخفاض وذلك بإعطاء إشارة إضافية عندما يقطع المؤشر قمم مرتفعة أو بطون أودية.



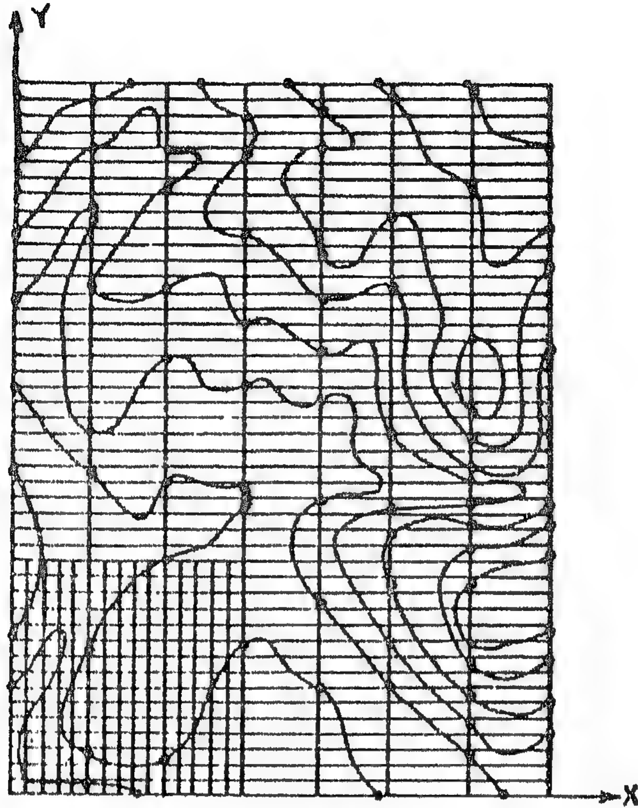
شكل (٨٢)

الخطوة الثانية : حساب مناسيب أركان السطح الصغير بطريقة حساب الإستكمال : على الرغم من أن النقط التى يحصل عليها من قياس القطاعات فى الخطوة الأولى تتميز بالتوزيع غير المنتظم فوق الخريطة، إلا أن إحداثياتها X, Y, Z

تكون معروفة ومسجلة، إذ تعتبر هذه العملية فى حد ذاتها إسقاط نظام إحداثى ذى ثلاثة أبعاد على الخريطة، بحيث يعطى أسطح صغيرة مربعة لايزيد طول ضلع المربع عن ربع ملليمتر. ونظراً لكثرة أعداد تلك الأسطح تقاس مناسيب أركانها باستخدام الحاسب الألكترونى. ويتم إيجاد إرتفاع تلك الأركان باتجاه المحور X والمحور Y باستخدام حساب الإستكمال الخطى Linear Interpolation، وباستخدم نقط الإستكمال على طول القطاعات التى حددت فى الخطوة السابقة (شكل ٨٣، وشكل ٨٤). بعد ذلك يتم الربط بين النقط المتعاقبة فى صورة



شكل (٨٣)



شكل (٨٤)

ثلاثية (أى كل ثلاث نقط مع بعضها البعض) بتطبيق نظام المعادلات متعددة الحدود من الدرجة الثانية Second-Degree Ploynomial، وإستخدام معادلة لاجرانج فى حساب الإستكمال Lagrange's Interpolation، ويعقب ذلك عملية تقدير المشتق الأول First Derivative للنقطة الوسطى من النقاط الثلاث. وبعدها تبنى معادلة جديدة متعددة الحدود بطريقة الإستكمال لكل زوجين من النقط تبعاً لنظام Hermite من المعادلات متعددة الحدود، حيث تكون مشتقات المعادلة الأخيرة مساوية للمشتقات الناتجة عن متعدد حدود لاجرانج. وتكون النتيجة النهائية عبارة عن منحنى يعكس موفورلوجية السطح بصورة طبق الأصل لما هو على الطبيعة حيث يمكن قراءة أى إرتفاع على المنحنى وعند أية مسافة.

وتتم عملية حساب الإستكمال من الناحية الرياضية التطبيقية كما يلى :

بفـرض أن النقط A, B, C نقط متعاقبة على طول قطاع معين، وأن إحداثيات تلك النقط هى (X_1 , Z_1) , (X_2, Z_2), (X_3 , Z_3) على التوالى، فيكون متعدد لاجرانج من الدرجة الثانية هو :

$$g(x) = \frac{(X_1 - X_2)(X_1 - X_3)}{(X_1 - X_2)(X_1 - X_3)} Z_1 + \frac{(X - X_1)(X - X_3)}{(X_2 - X_1)(X_2 - X_3)} Z_2 +$$

$$\frac{(X - X_1)(X - X_3)}{(X_3 - X_1)(X_3 - X_2)} Z_3$$

والمشتق الأول هو :

$$dg(x)/dx = \frac{2_x - X_2 - X_3}{(X_1 - X_2)(X_1 - X_3)} Z_1 + \frac{2_x - X_2 - X_3}{(X_2 - X_1)(X_2 - X_3)} Z_2 +$$

$$\frac{(2X - X_1 - X_2)}{(X_3 - X_1)(X_3 - X_2)} Z_3$$

وإذا كان المشتق يعادل D_1 عندما تكون $X = X_1$

، D_2 عندما تكون $X = X_2$

فإن متعدد حدود هرمايت من الدرجة الثالثة الذى قيمة ومشتقاته عند النقط A, B هى : Z_1, Z_2, D_1, D_2 على التوالى هو :

$$f(x)\left[\frac{X - X_2}{X_1 - X_2}\right]\left\{\left[Z_1 + (X - X_1)\right]\left[D_1 - \frac{2Z_1}{X_1 - X_2}\right]\right\} +$$

$$\left[\frac{X - X_1}{X_1 - X_2}\right]\left\{\left[Z_2 + (X - X_2)\right]\left[D_2 + \frac{2Z_2}{X_1 - X_2}\right]\right\}$$

ويعطى متعدد الحدود السابق مركبات Z كدوال لقيم X عند أية مسافة مختارة. وكما أوضح يوئيلى فإن تلك المسافات لاتزيد عن ربع ملليمتر، إذ كلما كانت أبعاد السطح الصغير صغيرة، كلما كان تأثير الظلال مستمراً غير متقطعاً.

ب – مرحلة حساب كثافة الضوء :

بعد إيجاد إرتفاعات أركان السطح الصغيرة بحساب الإستكمال يتم خزنها على شريط ممغنط، ثم يطلب البرنامج الذى يحسب كثافة الضوء على أساس المعادلة التالية :

$$\mathrm{Cos}\, e = \frac{S_x (a_y b_z - a_z b_y) + s_y (a_z b_x - a_x b_z) + S_z (a_x b_y - a_y b_z)}{\sqrt{(a_y b_z - a_z b_y)^2 + (a_z b_x - a_x b_z)^2 + (a_x b_y - a_y b_x)^2}}$$

حيث تمثل مركبات إتجاه الضوء S_z , S_y , S_x العناصر المختارة تبعاً لهذا الغرض.

جـ – مرحلة التمثيل الخرائطى :

وضع يوئيلى العلاقة بين كثافة الضوء والكثافة البيانية فى المعادلة التالية :

$$D = \log \frac{1}{I} = \log \frac{1}{\mathrm{Cos}\, e}$$

ونظراً للطاقة المحدودة لإستيعاب الفرد بالنظر إلى الخريطة والقدرة على تمييز

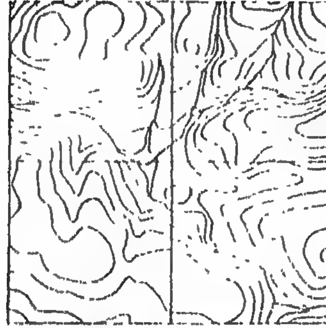
أنماط محدودة من الظل، إستخدم بوئيلى أنماطاً محدودة من الظل تقدر بعشرين نمطاً بدلاً من جميع الأنماط. وقد تم برمجة الحاسب الألكترونى بحيث يقرب نتائج كثافات الضوء إلى أقرب رقم هو $\frac{١}{٢٠}$ ، وبحيث يقوم بعدها بإعطاء كل سطح نمطاً من الظل أى يختاره من العشرين نمطاً بناء على كثافة الضوء الساقط عليه. وقد صمم بوئيلى نظاماً برموز خاصة يحول قيم Cos e أو كثافة الضوء إلى أنماط ظل فوتوغرافية يستخدمها طابعة الحاسب الألكترونى من نوع I.B.M. Printer بحيث يمكن إعادة الطبع من نفس النمط ثلاث مرات للحصول على التركيز المناسب للظل. ويبين (شكل ٨٥) نظام الرموز المستخدم وهو عبارة عن جدول يبين الحقل الأول قيم Cos e والحقل الثانى والثالث والرابع يشتمل على الرموز التصويرية والأبجدية المستخدمة فى مرات الطبع الثالث. أما الحقل الخامس فيبين الكثافات النهائية.

قيم Cos e	مرات الطبع: الأولى	الثانية	الثالثة	الكثافة النهائية
1.00	□			0.00
0.95	□			0.02
0.90	□			0.06
0.85	[·]			0.07
0.80	[—]			0.10
0.75	[I]			0.12
0.70	[/]			0.15
0.65	[V]			0.19
0.60	[*]			0.22
0.55	[2]			0.26
0.50	[U]	[·]		0.30
0.45	[A]	[/]		0.35
0.40	[A]	[V]		0.40
0.35	[A]	[2]		0.46
0.30	[A]	[V]	[I]	0.52
0.25	[A]	[U]	[4]	0.60
0.20	[A]	[2]	[W]	0.70
0.15	[A]	[2]	[W]	0.82
0.10	[A]	[2]	[W]	1.00

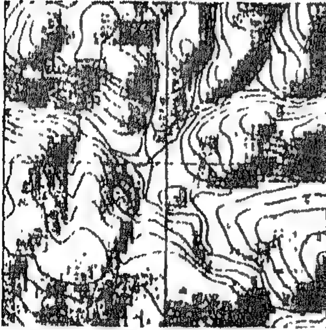
شكل (٨٥)

وقد نجحت طريق يوئيلى فى تزويد خريطة تظليل التضاريس ببيانات مورفومترية عن أشكال سطح الأرض كمحاولة لتلافى أوجه القصور التى تعانى منها خرائط التظليل اليدوى ولاسيما فيما يتعلق بنقص البيانات المورفومترية عن أشكال السطح (شكل ٦٠) كما نجح يوئيلى فى تقديم حلولاً رياضية لمشكلة خرائطية. ويمكن أن يتطور هذا النظام ويعمم بالتدريج فى أقسام الجغرافيا التى تهتم بالدراسات الخرائطية كتخصص مساعد بشرط توفر الإمكانات المادية والإستعداد العلمى للطلاب.

(أ)



(جـ)



(ب)



شكل (٨٦)

نتائج التظليل بالحاسب الألكترونى لخريطة كنتورية بطريقة يوئيلى.
مصدر الضوء من الركن الشمالى العربى ويسقط بزاوية قدرها ٤٥°

الفصل السابع
التحليل المورفومترى لأحواض التصريف المائى السطحى من الخريطة الكنتورية

- مورفولوجية حوض التصريف النهرى.
- قياسات خصائص الشبكة المائية.
- قياسات الخصائص المساحية والشكلية.
- قياسات الخصائص التضاريسية.

الفصل السابع

التحليل المورفومترى لأحواض التصريف المائى السطحى من الخريطة الكنتورية

تعتبر الخريطة الكنتورية أهم وسيلة من وسائل الدراسة الجيومورفولوجية المكتبية. كما تحتل مركز الصدارة فى الأدوات التى يستخدمها الجيومورفولوجى فى دراسته الميدانية. وتتوقف فائدة الخريطة الكنتورية فى هذه الدراسة على أمور عديدة يأتى فى مقدمتها مقدرة الدارس وخبرته ودرايته العلمية فى ممارسة العمل بالخريطة الكنتورية من ناحية والعمل الجيومورفولوجى فى الحقل من ناحية أخرى، ثم يأتى بعد ذلك طبيعة مقياس الرسم ومايتبعه من وفرة التفاصيل، ومقدار الفترة الكنتورية ودورها فى إظهار الأشكال الجيومورفولوجية بشكل مرض من حيث التفصيلات.

ولقد أصبحت الصور الجوية والمرئيات الفضائية فى الوقت الحاضر من الأدوات التى تستعمل على نطاق واسع لدى دراسى الجيومورفولوجيا ، إلا أنه يعيبهما عدم قدرتهما على التعبير الكمى مباشرة عن الخصائص المختلفة للظواهر الجيومورفولوجية مثل الإمتداد أو المساحة أو المنسوب، إلا بعد التزود بخبرات عديدة لتحويل تلك الصور إلى خريطة كنتورية، وحتى فى مثل هذه الصور الجوية تتحدد قيمة الإستفادة منها بقدرة وطاقة الجهاز المستخدم.

ويستطيع المتمرن فى قراءة الخرائط الكنتورية التعرف على أشكال سطح الأرض المختلفة، وتحديد أصل نشأتها بصفة مبدئية. ولكن ينبغى القول أن الخريطة الكنتورية خريطة وصفية بالدرجة الأولى وليست خريطة أصولية. بمعنى أنه يمكن التعرف على الظاهرة الجيومورفولوجية حسب هيئة خطوط الكنتور التى تدل عليها، ولكن لايمكن تحديد عامل النشأة تحديداً قاطعاً. وإذا كان من المعروف فى

الدراسات الجيومورفولوجية قاعدة « أن كثير من الظواهر الجيومورفولوجية تتشابه في شكلها الخارجي ولكنها تختلف في أصل نشأتها »، فإن هذه القاعدة تنطبق حرفياً على الخريطة الكنتورية. ولذلك يجب عند قراءتها إستعمال عبارات وصفية والإبتعاد قدر الإمكان عن العبارات الأصولية، وإن استعملت فبحرص كبير وبعد إستقراء شواهد عديدة من أجزاء مختلفة من الخريطة. فليست كل مصطبة Terrace على جانبي الوادى كما تدل عليها خطوط الكنتور مصطبة نهرية River Terrace، وليس كل مسقط مائي Water Fall على المجرى النهرى كما تبينه خطوط الكنتور نقطة تجديد Rejuvenational Kinck Point على سبيل المثال.

وقد تقدمت منذ أوائل الخمسينيات من هذا القرن طرق الإستفادة من الخرائط الكنتورية في الدراسات الجيومورفولوجية، خاصة فيما يتعلق بدراسة أحواض التصريف المائى على يد شتريلر A. N. Strahler الذى حاول الإستفادة من دراسات بعض من غير الجيورمورفولوجيين وفى مقدمتهم الهيدرولوجى هورتون R. E. Horton الذى كتب بحثاً قيماً فى التصريف النهرى عام ١٩٤٥، وضع فيه أسس التحليل المورفومترى لشبكات الأحواض النهرية. ومنذ أن ازدهرت دراسات شتريلر A. Strahler فى الولايات المتحدة الأمريكية ومن بعده تشورلى R. J. Chorley فى بريطانيا زاد التركيز على إستخدام الطرق الكمية فى دراسة مورفولوجية الأحواض النهرية. وتعتمد هذه الطرق الكمية على مبادئ الحساب والإحصاء بصفة رئيسية، وقد تتضمن مبادئ التفاضل والتكامل والجبر والهندسة التحليلية. وبطبيعة الحال فإن هذه العمليات الرياضية تقوم فى الأصل على قيم عددية، تلك القيم تأتى من الخريطة الكنتورية.

يستعمل تعبير التحليل المورفومترى للدلالة على القياسات والخواص الهندسية لسطح الأرض التى تلعب عليه الأنهار ونظمها المختلفة دورها فى تشكيله. وتعتمد هذه الدراسة المورفومترية على تحليل الخريطة الكنتورية وذلك عن طريق القياسات

التى يمكن بها دعم الوصف اللفظى للظواهر الجيومورفولوجية بحقائق رقمية. وتتحدد تلك القياسات فى نوعين :

١ - قياس الأبعاد : وأولها قياس البعد البسيط أى الطول مثل طول المجرى المائى أو طول محيط حوض الوادى. وكذلك قياس البعد الرأسى أى المنسوب للظاهرة الجيومورفولوجية، وأخيراً الأبعاد المركبة وهى نتيجة مربعات الأطوال المقاسة كى تعطى المساحة والشكل.

٢ - قياسات غير محددة بأبعاد. وهى إما زوايا تحدد درجة إنحدا المجارى المائية، وزوايا إتصال الروافد بالمجارى الرئيسية، وإما أن تكون نسب تستخرج من إيجاد علاقات بين القياسات السابقة كنسبة أطوال المجارى بحوض ما إلى مساحته أو نسبة عدد المجارى به إلى طول محيطه. وتعالج هذه الحصيلة الرقمية بالأساليب الإحصائية المختلفة، وتعرض نتائجها فى رسوم وأشكال بيانية.

مورفولوجية حوض التصريف النهرى:

حوض التصريف النهرى عبارة عن نظام System مورفولوجى تحكمه وتضبط خواصه الهندسية قوانين ذات علاقات وظيفية متبادلة. ولا يمكن تعيين طبيعة تلك العلاقات إلا بعد دراسة العناصر المختلفة للحوض التى يمكن قياسها من الخريطة الكنتورية. وتنحصر تلك القياسات فى :

١ - قياسات خطية تتعلق بشبكة التصريف المائى، وتتحدد خواص تلك الشبكة بواسطة أعداد وأطوال يتم ترتيبها فى مجموعات.

٢ - قياسات تتعلق بالخواص المساحية لحوض التصريف وتتضمن مساحة الحوض وشكله.

٢ - قياسات تتعلق بالخواص التضاريسية لحوض التصريف وتشير تلك الخواص إلى البعد الثالث للحوض وتتضمن نسبة التضرس وقيمة الوعورة والمعاملات الهبسومترية.

أولاً : قياسات خصائص الشبكة المائية:

١ - رتب المجارى المائية وعددها : يمكن عن طريق الخريطة الكنتورية الموضح عليها المجارى المائية التى تشكل فيما بينها حوض تصريف مائى تقسيم تلك المجارى إلى رتب تصاعدية فى أرقام متتابعة. ويقوم هذا التقسيم فى نظام متكامل هرمى، فكل جدول صغير يتصل بآخر أو يدخل إلى مجرى، أكبر وهذا بدوره يتصل أو يتحد مع غيره مكوناً روافد أكبر تتجمع فى مجار أكبر فأكبر وهكذا ليؤلف الجميع شبكة من القنوات تكون حوض تصريف مائى كبير. وعلى ذلك يمكن تقسيم شبكة المجارى المائية إلى رتب Orders متدرجة وتميز كل رتبة برمز مختلف.

وتبعاً لطريقة شتريلر فى تصنيف وترتيب المجارى، فإن رتبة المجرى تتحدد على أساس أن أى مجرى مائى لاينتهى إليه مجرى مائى آخر يعتبر رتبة أولى First Order، وعندما يلتقى مجريان من الرتبة الأولى يتكون من إلتقائهما مجرى من الرتبة الثانية Second Order، وبانحدار هذا المجرى صوب مستوى القاعدة يلتقى بمجرى آخر من نفس الرتبة، وبإلتقائهما ينتج مجرى من الرتبة الثالثة Third Order، وهكذا الرابعة والخامسة... إلخ.، حتى يحمل المجرى الرئيسى بالحوض أعلى رتبة. هذا مع العلم بأن روافد الرتب المختلف بدءاً من الرتبة الثانية قد تتلقى روافد من رتب أدنى. ويبين (شكل ٨٧) والجدول الملحق به رتب مجارى حوض وادى الدومى وهو أحد الأودية الجافة التى تنتهى إلى الجانب الشرقى لنهر النيل إلى الشمال من مدينة إدفو بمحافظة أسوان، وكذلك أعداد المجارى فى كل رتبة، ويلاحظ أن هذا الحوض من الرتبة الخامسة.

وهناك طريقة أخرى لتصنيف وترتيب المجارى هرمياً داخل حوض التصريف، تعرف بطريقة شريف R. L. Shreve، وتقوم على أساس أن كل مجرى لايرفد عليه مجرى آخر يعتبر مجرى من الرتبة الأولى، وكلما التقى


مجارى الرتبة الأولى
" " الثانية
" " الثالثة
" " الرابعة
" " الخامسة
نهر النيل
وادى الدوحى

شكل (٨٧)

الرتبة	عدد المجارى	نسبة التشعب	مجموع أعداد المجارى لكل رتبتين متتاليتين	نسبة التشعب المرجحة	متوسط الطول / كم٢	متوسط الطول التجميعى / كم	نسبة الطول	متوسط المساحة / كم٢
١	٢٦٠				٠,٦	٠,٦		٠,٢
		٣,٩٣	٣٢٦	١٢٨١,١٨			٣,٢	
٢	٦٦				١,٣	١,٩		٠,٤
		٤,١٦	٨٢	٣٤١,١٢			٢,٣	
٣	١٦				٢,٥	٤,٤		١,١
		٤,٠٠	٢٠	٨٠,٠٠			١,٧	
٤	٤				٣,٠	٧,٤		١,٣
		٤,٠٠	٥	٢٠,٠٠			٢,٠	
٥	١				٧,٤	١٤,٨		٣,٦
	٣٤٧		٤٣٣	١٧٢٢,٣٠				

تابع شكل (٨٧)

رافدان أو أكثر فإن رتبة المجرى الناتج هى مجموع رتب الروافد التى التقت معاً. فعندما يلتقى مجريان من الرتبة الأولى يتكون من نقطة إتصالهما مجرى من الرتبة الثانية (١ + ١ = ٢)، وباتجاه هذا المجرى نحو مستوى القاعدة قد يتصل به مجرى من الرتبة الأولى فيتكون من نقطة إتصالهما مجرى من الرتبة الثالثة (٢ + ١ = ٣)، وقد يتصل به بعد ذلك مجرى آخر من الرتبة الأولى فيتكون من نقطة إتصالهما مجرى من الرتبة الرابعة (٣ + ١ = ٤) الذى قد يتصل به مجرى من الرتبة الثانية فيتكون مجرى من الرتبة السادسة (٤ + ٢ = ٦) الذى قد يتصل به مجرى من الرتبة الخامسة فيتكون من نقطة إتصالهما مجرى من الرتبة الحادية عشر (٦ + ٥ = ١١)، وهكذا عندما يتصل

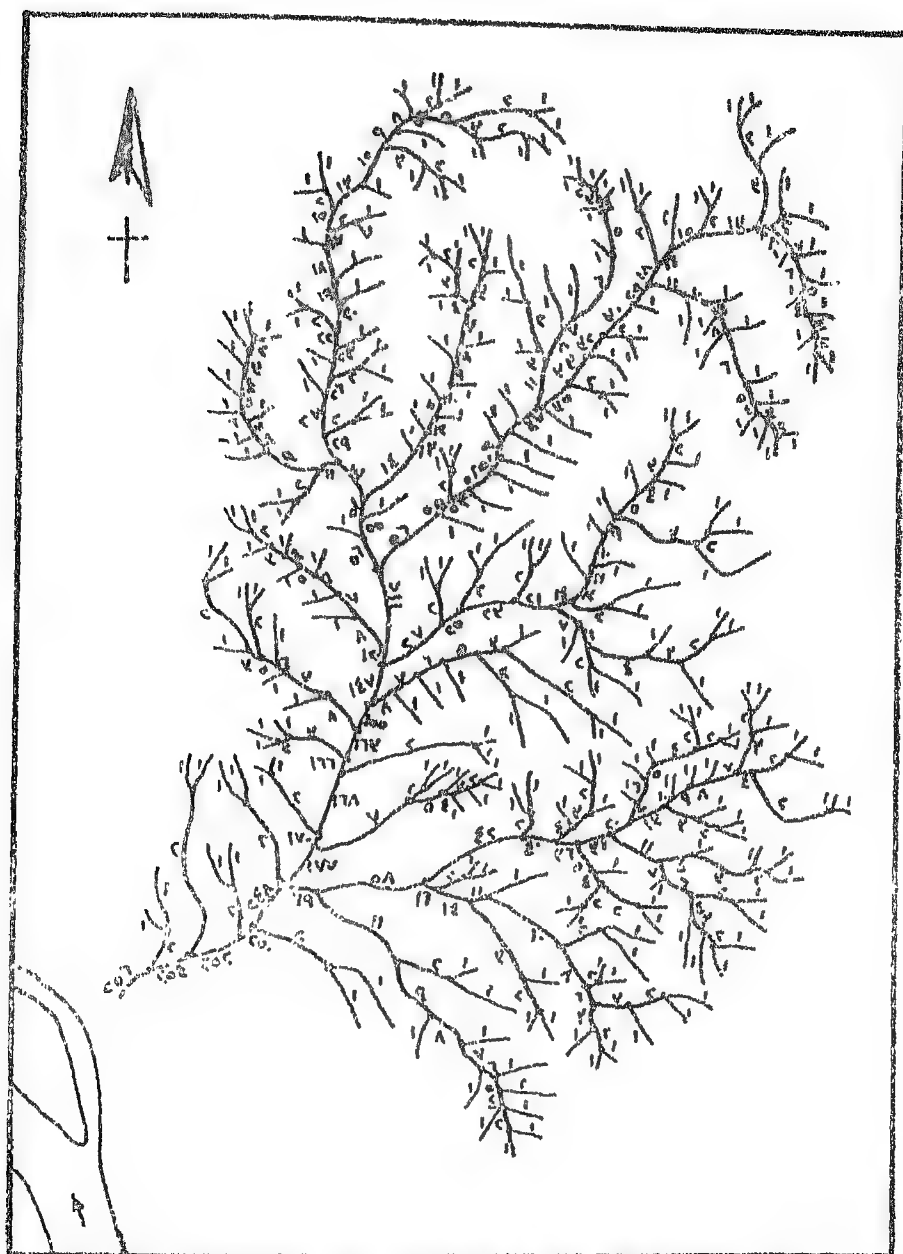
مجريان من رتبـتين مختلفتين يتكون من نقطة إتصالهما مجرى رتبته هو حاصل جمعهـمـا. وبذلك يتكون على طـول إمتداد شبكة التصريف بالحوض عدد من نقط الإتصـال Junction Points وهـى النقط التى يلتقى عندها مجريان بغض النظر عن رتبة كل منهمـا. وتسمى المسافة بين نقطة الإتصال والنقطة التالية لها بالوصلة Link . ويلاحظ فى هذه الطريقـة أن عـدد نقـاط الإتصـال تساوى عـدد الوصــلات.

وبتطبـيق طريقـة شـريف على حـوض وادى الدومى يلاحظ أن رتبتـه ٢٥٦ بدلاً من الرتبة الخامسة طبقاً لطريقة شتريلر. ويبين (شكل ٨٨) والجدول الملحق به رتب مجارى حوض الدومى وإعداد المجارى فى كل رتبة. ويلاحظ فى الجدول إنتقال مفاجئ بين رتبة المجرى الرافدى أو الوصلة ورتبة الرافد أو الوصلة التالية مما يحدث تبايناً فى تسلسل الرتب. ويرجع ذلك إلى الطبيعة الإنعزالية للروافد عن بعضها وبالتالى إستقلال كل رافد برتبته فإذا ما التقت هذه الروافد عند المجرى الذى يجمعها ظهرت تلك التباينات.

نسبة التشعب:

وتبعاً لطريقة شتريلر فى تصنيف وترتيب المجارى داخل حوض التصـريف، يتبين من مثال وادى الدومى أن عدد مجارى الرتبة الأولى يساوى تقريباً أربعة أمثال عدد مجارى الثانية، وعدد مجارى الرتبة الثانية يساوى أربعة أضعاف عدد مجارى الرتبة الثالثة تقريباً، وهكذا بالنسبة لمجارى الرتبة الثالثة بالنسبة للرابعة، والرابعة بالنسبة للخامسة. وتسمى العلاقة بين عدد مجارى أى رتبة نهرية وعدد مجـارى الرتـبة التى تعلوها بنسبة التشعب Bifurcation Ratio . فـإذا كـانت الرتبة النهرية يرمز لها بالرمز (U) ، وعـدد المجارى بالرتبـة بالرمـز (Nu)، ونسبة التشـعب (Rb) فإن قانون نسبة التشعب هو :

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$



رتب المجاري المائية السطحية في حوض وادي الدوحي تبعا لطريقة شريف

(شكل ٨٨)

الرتبة	عدد المجارى	الرتبة	عدد المجارى	الرتبة	عدد المجارى	الرتبة	عدد المجارى	الرتبة	عدد المجارى	الرتبة	عدد المجارى
١	٢٥٦	١٣	٤	٢٥	١	٤٧	١	١١٢	١	٢٥٦	١
٢	٦٦	١٤	٣	٢٦	١	٤٨	١	١٢٠	١		
٣	٢٧	١٥	٢	٢٧	٢	٤٩	١	١٤٧	١		
٤	١٦	١٦	٢	٢٩	٢	٥٠	١	١٥٥	١		
٥	١٣	١٧	١	٣٠	١	٥١	١	١٦٣	١		
٦	١٢	١٨	٢	٣١	١	٥٢	١	١٦٦	١		
٧	١٤	١٩	١	٣٢	١	٥٣	١	١٦٨	١		
٨	١٢	٢٠	٢	٣٣	١	٥٤	١	١٧٠	١		
٩	٧	٢١	١	٣٥	١	٥٥	٢	١٧٧	١		
١٠	٦	٢٢	١	٣٦	١	٥٦	٢	٢٤٨	١		
١١	٨	٢٣	٢	٤٠	٢	٥٨	١	٢٥٢	١		
١٢	٣	٢٤	١	٤٢	١	٦٩	١	٢٥٤	١		

تابع شكل (٨٨)

ويمكن أن إرجاع التباين بين نسب التشعب إلى التغير الإحتمالى أو عامل الصدفة فى نمو أى شبكة تصريف نهرى، ولكن الدراسات التى أجريت على شبكات عديدة تؤكد أن أى شبكة تصريف نهرى تجرى على نوع ونظام صخرى واحد، وفى ظروف مناخية واحدة وعناصرها فى مرحلة تطور واحدة، فإن نسب التشعب بين أعداد مجارى الرتب المختلفة بها تكون متقاربة جداً. وفى مثال وادى الدومى نلاحظ أن نسب التشعب ٣,٩٣ ، ٤,١٦ ، ٤ ، ٤ بمتوسط قدره ٤,٠٢ . ويرجع هذا التقارب إلى أن هذا الحوض قد تكون فوق نوع صخرى واحد هو تكوين الطفل المتباين Variegated Shales وهو عبارة عن شرائح من الصلصال السلتى تأخذ الوضع الأفقى ويبلغ سمكها فى المتوسط ٥٠ م يتداخل بها رقائق من الحجر الرملى. كذلك يقع هذا الحوض برمته فى النطاق الصحراوى بظروفه المناخية المعروفة.

أما إذا اختلفت كل من الظروف الجيولوجية والمناخية على طول إتساع حوض التصريف، وكان لهذا الحوض تاريخ جيومورفولوجى معقد كأن يكون قد تكون من إتصال أكثر من نظام نهرى واحد عن طريق عمليات الأسر النهرى، فإن نسب التشعب تنحرف عن بعضها البعض. ويعنى هذا أن أعداد المجارى فى كل رتبة ونسب التشعب بينها تشير إلى مشكلة جيومورفولوجية على الدارس أن يتقصى الحقيقة بالنسبة لها.

ولكن قد يكون فى بعض نسب التشعب لكل مجموعتين متتاليتين بعض الشذوذ يؤدى إلى إختلال فى المتوالية الهندسية، لذا فقد اقترح شتريلر أسلوباً آخر لحساب نسبة التشعب على مستوى حوض التصريف أطلق عليه معدل نسبة التشعب المرجحة (WRb)، وذلك بضرب نسبة التشعب لكل مجموعتين متتاليتين من رتب المجارى المائية فى مجموع عدد مجارى هاتين الرتبتين، ثم جمع القيم الناتجة وقسمتها على إجمالى مجموع أعداد المجارى لكل رتبتين متتاليتين بالحوض.

معدل نسبة التشعب المرجحة لحوض وادى الدومى

$$= \frac{١٢٨١,١٨ + ٣٤١,١٢ + ٨٠ + ٢٠}{٤٣٣} = \frac{١٧٢٢,٣٠}{٤٣٣} = ٣,٩٨$$

ويتضح بالنسبة لحوض وادى الدومى أن كل من نسبة التشعب ومعدلها المرجح متقاربتان وذلك نتيجة الظروف البيئية الخاصة.

قانون أعداد المجارى المائية Law of Stream Numbers:

ينص هذا القانون على أن أعداد المجارى المائية للرتب المختلفة فى حوض ما تتابع فى شكل متوالية هندسية حدها الأول عدد مجارى أعلى رتبة، وتزيد بنسبة ثابتة هى نسبة التشعب.

ويمكن توقيع نقط المتوالية الهندسية على ورقة رسم بيانى نصف لوغاريتمية، يحدد المحور الرأسى اللوغاريتمى عدد المجارى لكل رتبة، والمحور الأفقى الحسابى يوضح عليه رتب مجارى الحوض، فإذا كان تتابع أعداد المجارى للرتب المختلفة مثالياً، فإنه ينتج من توصيل نقط المتوالية خطاً مستقيماً (شكل ٨٩). وهذا يعنى أن كل أربعة مجارى من الرتبة الأولى فى حوض وادى الدومى تكوّن مجرى واحداً من الرتبة الثانية، وكذلك كل أربعة مجارى من الرتبة الثانية تكون بدورها مجرى واحداً من الرتبة الثالثة وهكذا.

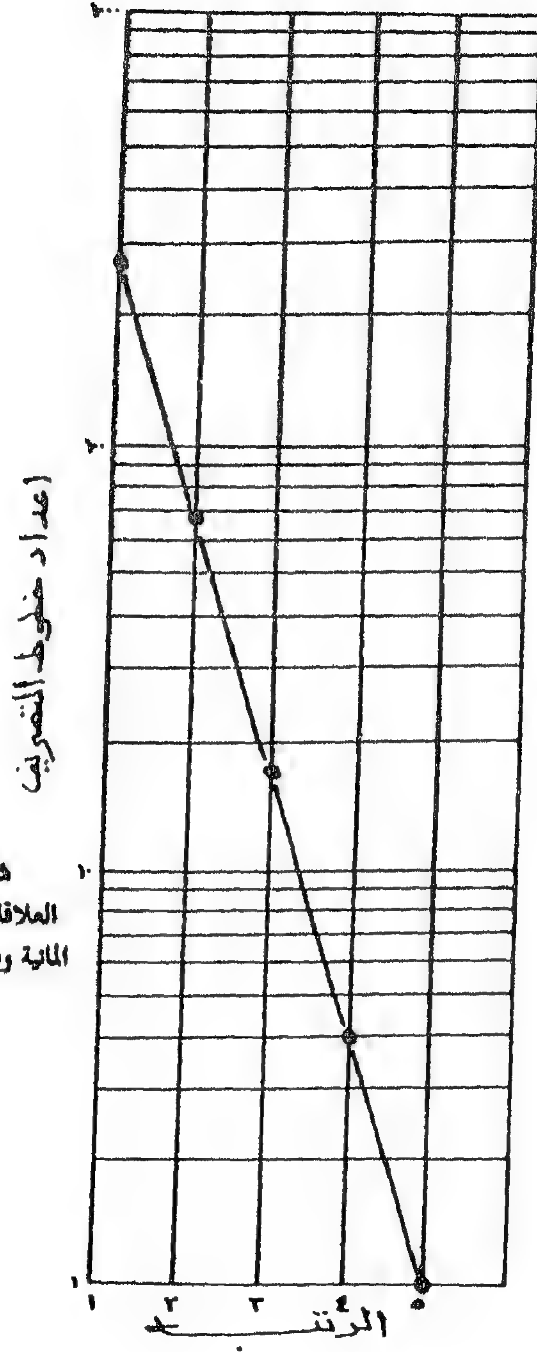
٢ - **التكرار النهرى** Stream Frequancy : ويعبر عن العلاقة بين إجمالى عدد المجارى المائية من الرتب المختلفة بالحوض ومساحة الحوض. ويمكن قياس مساحة حوض التصريف من الخريطة الكنتورية التى يحددها خط تقسيم المياه الذى يفصل الحوض عن الأحواض المجاورة. وتصاغ هذه العلاقة على النحو التالى:

$$F = \frac{\Sigma Nu}{a}$$

حيث F = التكرار النهرى

ΣNu = مجموع أعداد المجارى المائية من الرتب المختلفة بالحوض

a = مساحة الحوض



شكل (٨٩)
العلاقة بين عدد المجاري المائية ودرجتها في الحوض

وتعبر هذه العلاقة بين مساحة الحوض ورتبته، فالمجارى المائية بمختلف رتبها تعمل على زيادة المساحة الحوضية عن طريق النحت الذى تزداد فعاليته مع تزايد أعدادها خاصة مجارى الرتب الدنيا، فمثل هذه المجارى تفوق غيرها عدداً، كما أنها تعتبر المرحلة الأولى من تطور المجارى المائية الرئيسية.

وبالنسبة لوادي الدومي الذى تبلغ مساحته ١٠٥,١ كم٢ فإن التكرار النهرى = $\frac{٣٤٧}{١٠٥,١}$ = ٣,٣ مجرى / كم ٢ . ويعنى هذا أن حوض وادى الدومي مازال، فى مرحلة الشباب Young Stage، إذ لايوجد إلا حوالى ثلاثة مجارى نهرية فى كل كيلومتر مربع واحد. ولكن مثل هذه العلاقة لاتعبر بدقة عن مرحلة تطور الحوض، إذ ربما تكون تلك المجارى الثلاثة من الطول والضخامة بحيث استطاعت تخفيض مناسيب سطح الأرض من ناحية وتخفيف حدة إنحداره من ناحية أخرى. ولذلك فهناك علاقات أخرى تجمع بين عناصر مورفومترية بالحوض غير علاقة التكرار النهرى يمكن قياسها من الخريطة الكنتورية.

٣ - متوسط طول المجارى المائية لكل رتبة، والطول الإجمالى لمجارى كل الرتب النهرية : من المعروف أن مجارى الرتبة الأولى هى أقصر المجارى طولاً، وكلما تقدمت رتبة المجرى كلما إزداد طوله. ونسبة الزيادة فى متوسط أطوال مجارى الرتب المختلفة تميل إلى الثبات فى نظام التصريف المائى المثالى، وأى تغير متوقع فى شروط الشبكة المائية المثالية التى أشير إليها سابقاً - وهى سيادة ظروف مناخية واحدة، ونوع صخرى واحد، ومرحلة تطور واحدة - سوف ينتج عنه بالضرورة تباين فى نسبة الطول بين رتبة ما والرتبة التى تليها.

ويمكن قياس متوسط طول مجارى الرتب المختلفة باستخدام عجلة القياس أو بفتح الديفيدر فتحة مناسبة وقياس أطوال المجارى المائية التابعة لرتبة معينة واحداً بعد الآخر. وتمثل القراءة الأخيرة مجموع أطوال هذه المجارى لتلك الرتبة، وبقسمة المجموع على عدد مجارى الرتبة يتم الحصول على متوسط الطول

لهذه الرتبة، وهكذا فى بقية الرتب. ويشار إلى متوسط طول المجارى المائية لكل رتبة بالرمز Lu.

ولكن بالنسبة لمتوسط مجارى الرتبة الثانية، فيتم الحصول عليه من جمع متوسط طول مجارى الرتبة الأولى على متوسط طول مجارى الرتبة الثانية. وكذلك متوسط طول مجارى الرتبة الثالثة عبارة عن حاصل جمع متوسط طول مجارى الرتبة الثانية التى تم الحصول عليها من الخطوة السابقة على متوسط طول مجارى الرتبة الثالثة التى قيست على الخريطة الكنتورية، وهكذا بالنسبة للرابعة والخامسة... إلخ. وتسمى هذه الطريقة فى حساب متوسط أطوال المجارى النهرية من الرتب المختلفة بعد الرتبة الأولى بالطريقة التجميعية Cumulative.

وبالنسبة لوادى الدومى فإن متوسط الطول التجميعى لمجاريه من الرتب المختلفة يبينها الجدول التالى :

الرتبة	متوسط الطول المقاس من الخريطة الكنتورية / كم	متوسط الطول التجميعى / كم	نسبة الطول
١	٠,٦	٠,٦	
٢	١,٣	١,٩	٣,٢
٣	٢,٥	٤,٤	٢,٣
٤	٣,٠	٧,٤	١,٧
٥	٧,٤	١٤,٨	٢,٠

قانون أطوال المجارى Law of Stream Lengths : وينص هذا القانون على أن المتوسط التجميعى لطول مجارى الرتب المختلفة فى حوض ما يميل إلى إتخاذ متوالية هندسية حدها الأول متوسط طول مجارى الرتبة الأولى وتزيد بنسبة ثابتة.

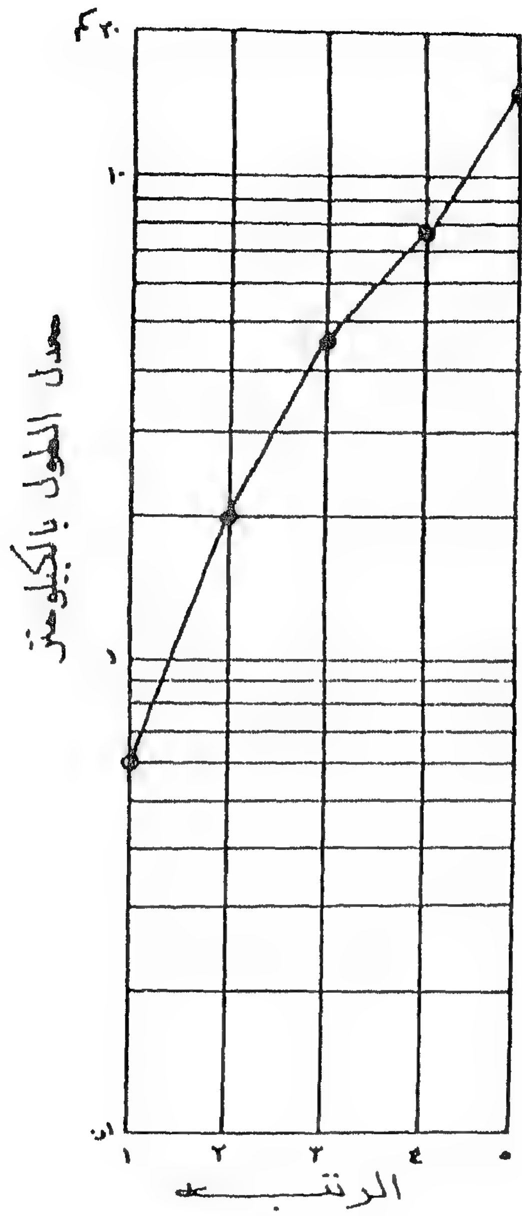
ويمكن توقيع متوسط الطول التجميعى لكل رتبة على ورقة رسم بيانى نصف لوغاريتمى فإذا حقق هذا المتوسط المتوالية الهندسية نتج من توصيل النقط خطاً مستقيماً. وبالنسبة لوادى الدومى فإن المتوسط التجميعى لأطوال مجارى الرتب المختلفة فيه لايحقق التتابع الهندسى كما يتضح من الحقل الرابع فى الجدول السابق، وكما يوضحه (شكل ٩٠). ويرجع ذلك إلى قصر متوسط طول كل من الرتبتين الأولى والثانية لوقوعهما فى مناطق أشد إنحداراً من بقية أجزاء الحوض. وقد يرجع عدم تحقيق المتوالية الهندسية إلى أسباب أخرى تتعلق بالبنية الجيولوجية فى الحوض أو بحدوث أسر نهرى أدى إلى زيادة متوسط طول رتبة ما بالنسبة لبقية الرتب.

أما بالنسبة للطول الإجمالى لكل الرتب النهرية فيقصد به مجموع أطوال المجارى النهرية للرتب المختلفة كما قيست من الخريطة الكنتورية. ويرمز لهذا الطول الإجمالى بالرمز ΣL_u .

٤ - **نسبة طول المجرى** Length ratio : وهى عبارة عن خارج قسمة متوسط طول المجرى لرتبة معينة على متوسط طول مجرى الرتبة الأدنى منها مباشرة، ويرمز لهذه العلاقة بالرمز $R_L = \frac{L_u}{L_{u-1}}$.

وتقدم هذه العلاقة تصوراً عاماً عن تغير أطوال الروافد بالنسبة لرتبها، ثم البحث عن أسباب تلك التغيرات. كما تفيد تلك العلاقة فى الدراسات الجيومورفولوجية المقارنة بين أحواض التصريف المختلفة.

٥ - **كثافة التصريف** Drainage Density : وهى عبارة عن خارج قسمة الطول الإجمالى لكل الرتب النهرية مقدرة بالكيلومترات على المساحة الكلية للحوض بالكيلومترات المربعة. ويرمز لهذه العلاقة بالرمز $D = \frac{\Sigma L_u}{a}$.



شكل (٩٠)

العلاقة بين معدل الطول التجميعي للمجارى المائية ودرجتها في الحوض

وتعتبر كثافة التصريف ذات أهمية خاصة فى جيومورفولوجية الأحواض النهرية لأنها نتيجة تفاعل عناصر حوض التصريف؛ إذ ترتبط بالظروف المناخية السائدة خاصة كمية الأمطار من ناحية والخصائص الصخرية من ناحية ثانية، ودرجة إنحدار سطح الأرض من ناحية ثالثة. فالمناطق التى تسقط عليها كمية كبيرة من الأمطار، وصخورها قليلة النفاذية والمسامية وسطح الأرض منحدر بشكل ملحوظ. بحيث تقل كمية التسرب، ترتفع بها الكثافة التصريفية. وترتبط درجة الإنحدار بعلاقة عكسية مع كثافة التصريف، فعندما تزداد خطوط التصريف يقل الإنحدار، ولكن من ناحية أخرى فإن الذى يحدد نشاط شبكة المجارى المائية الخصائص الهندسية لسطح الأرض. وكما أن المساحة الحوضية تحدد نصيب حوض التصريف من الأمطار الساقطة، فإن نمو شبكة المجارى تؤدى إلى إتساع الحوض وبالتالى زيادة نصيبه من كمية الأمطار.

وبالنسبة لوادى الدومى فإن إجمالى الطول للمجارى المائية به يبلغ ٣٠١,٢ كم ومساحته تبلغ ١٠٥,١ كم٢ وعليه فإن كثافة التصريف به تساوى ٢,٨٦ . وهذا يعنى أن بكل كيلومتراً مربعاً واحداً مجارى مائية يبلغ طولها ٢,٨٦ كم.

٦ - معدل النسيج الحوضى Texture Ratio : وهو عبارة عن متوسط حجم الوحدات التى تتركب منها الظاهرات الطبوغرافية بالحوض أو بمعنى آخر متوسط حجم أراضى مابين الأودية أيا كان رتبتها بالحوض. وتوضع هذه العلاقة على شكل نسبة تبين المسافات التى تنحصر بين أدق المجارى المائية بالحوض. وتستخرج هذه النسبة من حساب عدد الثنيات التى يشتمل عليها أكثر خطوط الكنتور تعرجاً بالحوض منسوبة إلى طول محيط الحوض مقدراً بالكيلومترات.

ويتوقف معدل النسيج الحوضى على مجموعة من العوامل كالمناخ وخاصة الأمطار والغطاء النباتى الطبيعى والتكوين والتركيب الصخرى ونوع التربة ودرجة التسرب والتضاريس ومرحلة التطور. وبالنسبة لوادى الدومى فإن عدد الثنيات التى

ترتبط عادة بالمجرى المائى ٨٥ ثنية، وطول محيط الحوض ٤٦,٣ كم، وعليه فإن معدل النسيج الحوضى يساوى ٠,٥٤ كم.

وجدير بالذكر أن علاقة معدل النسيج الحوضى يطلق عليها أحياناً اسم النسيج الطبوغرافى. ويمكن التعبير عن النسيج الحوضى بعلاقة مورفومترية أخرى تعرف بنسبة التقطع*(Rd) وهى :

$$\frac{\text{مجموع أعداد المجارى بالحوض من الرتب المختلفة}}{\text{طول محيط الحوض / كم}} = \text{مجرى / كم}$$

وبالنسبة لحوض وادى الدومى فإن نسبة التقطع = $\frac{\text{٣٤٧ مجرى}}{\text{٤٦,٣ كم}}$ = ٧,٤٧ مجرى/كم.

وهناك معادلات مورفومترية أخرى توضح العلاقات الوظيفية المتبادلة بين عناصر الشبكة المائية فى حوض التصريف، يتم الحصول على حدودها من القياس المباشر من الخريطة الكنتورية ولايتسع المجال لعرضها بالتفصيل. وفيما يلى عرض لأهم المعادلات الخاصة بتحليل شبكة التاصريف المائى بالحوض.

١ - أعداد ورتب المجارى (Nu) : عدد مجارى كل رتبة (بالعد من الخريطة الكنتورية تبعاً للطريقة المختارة فى تصنيف وترتيب المجارى داخل حوض التصريف).

٢ - مجموع أعداد المجارى بالحوض (N) : مجموع أعداد المجارى من الرتب المختلفة بالحوض.

٣ - التكرار النهرى (Fs) = $\frac{\text{مجموع أعداد المجارى بالحوض}}{\text{مساحة الحوض}}$ = مجرى / كم^2

٤ - نسبة التشعب (Rb) = $\frac{\text{مجموع أعداد المجارى لرتبة معينة}}{\text{مجموع أعداد المجارى للرتبة الأعلى منها مباشرة}}$

٥ - نسبة التشعب المرجحة (WRb) = نسبة التشعب بين رتبتين متتاليتين × مجموع أعداد مجارى الرتبتين.

٦ – معدل نسبة التشعب المرجحة =

$$\frac{\text{مجموع حاصل ضرب نسبة التشعب بين رتبتين متتاليتين × مجموع أعداد مجارى الرتبتين}}{\text{إجمالى مجموع أعداد المجارى لكل رتبتين متتاليتين بالحوض}}$$

٧ – مجموع أطوال المجارى بالحوض $\Sigma\ L_u$ وذلك بالقياس المباشر من الخريطة الكنتورية (كم)

٨ – متوسط طول مجرى الرتبة النهرية (Lu) = $\frac{\text{مجموع أطوال مجارى الرتبة النهرية}}{\text{عدد مجارى الرتبة}}$ (كم)

٩ – نسبة طول المجرى (RL) = $\frac{\text{متوسط طول المجرى لرتبة معينة}}{\text{متوسط طول مجرى الرتبة الأدنى منها مباشرة}}$

١٠ – متوسط الطول التجميعي (CLu) = متوسط طول مجرى الرتبة + متوسط طول مجرى الرتبة الأدنى مباشرة.

١١ – نسبة طول المجرى إلى نسبة التشعب = $\frac{RL}{Rb}$

١٢ – طول المجرى الرئيسى بالحوض (Cm) وذلك بالقياس المباشر على الخريطة الكنتورية من المنبع إلى المصب.

١٣ – نسبة تقطع الحوض (Rd) = $\frac{\text{عدد المجارى بالحوض}}{\text{طول محيط الحوض}}$

١٤ – كثافة التصريف (Dd) = $\frac{\text{مجموع أطوال المجارى لكل الرتب بالحوض}}{\text{مساحة الحوض}}$

١٥ – الكثافة النسبية للمجارى (Fd) = $\frac{\text{التكرار النهرى}}{(\text{كثافة التصريف})^{٢}}$

١٦ – شدة التصريف (Di) = $\frac{\text{التكرار النهرى}}{\text{كثافة التصريف}}$

١٧ – معدل بقاء المجرى (C) = $\frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{مجموع أطوال المجارى بالحوض}}$ أو $\frac{١}{\text{كثافة التصريف}}$

١٨ - المسافة بين المجارى لرتبة معينة = جا ٤٥ × $\frac{\text{ل}}{\text{ق}}$ حيث :

ل = طول خط يرسم داخل الحوض على الخريطة الكنتورية ويمر بأكبر عدد ممكن من مجارى الرتبة المراد قياس متوسط المسافة بين مجاريها.

ق = عدد المجارى التى تتقاطع مع الخط (ل) من مجارى الرتبة.

١٩ - إتجاهات خطوط التصريف = تقاس بالمنقلة من الخريطة الكنتورية بالنسبة لإتجاه الشمال الجغرافى، ثم ترسم وردة إتجاه.

٢٠ - ظل (ظا) إنحدار المجرى الرئيسى (Si) = $\frac{\text{فرق المنسوب بين المنبع والمصب}}{\text{طول المجرى الرئيسى}}$

وبالكشف فى جدول الظلال أو بالآلة الحاسبة يتم الحصول على درجة الإنحدار العامة للمجرى الرئيسى.

٢١ - زوايا إلتقاء المجارى (زوايا الدخول Zc) = جتا زاوية الدخول

= $\frac{\text{ظا درجة إنحدار المجرى الرئيسى}}{\text{ظا درجة إنحدار سطح أرض الرافد}}$ وبالكشف فى جدول جيوب التمام يتم الحصول على زاوية الدخول المطلوبة.

٢٢ - ظا إنحدار سطح الأرض بالحوض (Sg) = تضاريس الحوض × ضعف كثافة التصريف. وبالكشف فى جدول الظلال يتم الحصول على زاوية الإنحدار المطلوبة.

٢٣ - قرينة إنحدار الحوض (S) = $\sqrt{\frac{\text{تضاريس الحوض}}{\text{مساحة الحوض}}}$

٢٤ – الطول الفعلى للجريان السطحى (Lg) =

$$= \frac{١}{٢\ (\text{كثافة التصريف}) \times \sqrt{١ - \left(\frac{\text{ظا إنحدار المجرى الرئيسى}}{\text{ظا إنحدار سطح الأرض بالحوض}}\right)^{٢}}}$$

٢٥ – معدل الطول الأفقى للجريان السطحى (HLg) = $\frac{١}{٢\ (\text{كثافة التصريف})}$

ثانياً : قياسات الخصائص المساحية والشكلية :

وهى تختص بالأبعاد الهندسية للحوض والنسب بين هذه الأبعاد، والعلاقة بين تلك الأبعاد والمساحة الحوضية. وتقاس تلك الأبعاد من الخريطة الكنتورية مباشرة.

١ – المساحة الحوضية Area :

تقاس مساحة حوض التصريف على الخريطة الكنتورية بإحدى طرق قياس المساحات المعروفة، ويفضل إستخدام البلانيمتر. ويمكن ربط المساحة الحوضية بظروف المناخ ونوع الصخر والحركات التكتونية والزمن، حيث تميل أحواض التصريف إلى زيادة مساحتها إذا نشط عامل النحت المائى فى ظل ظروف مناخية رطبة، أو إذا كانت الصخور ضعيفة المقاومة، أو إذا تعرضت لعمليات أدت إلى إنخفاض مستوى القاعدة أو رفع مناطق الأحباس العليا، أو حدوث عمليات أسر نهرى، أو إذا وصل الحوض إلى مرحلة متقدمة فى دورة التعرية.

قانون المساحة الحوضية Law of Basin Areas ، وينص على أن متوسط مساحة أحواض كل رتبة تتابع فى شكل متوالية هندسية حدها الأول هو متوسط مساحة أحواض مجارى الرتبة الأولى وتزيد بنسبة ثابتة.

وبالنسبة لوادى الدومى فإن متوسط المساحة الحوضية لمجارى الرتب المختلفة يبينها الجدول التالى :

الرتبة	المساحة / كم ٢	النسبة
١	٠,٢	
٢	٠,٤	٢,٠٠
٣	١,١	٢,٧٥
٤	١,٣	١,٢٠
٥	٣,٦	٢,٨٠

٢ – طول محيط الحوض (P) :

وهو طول خط تقسيم المياه الذى يفصل الحوض عن الأحواض المجاورة. ويقاس بعجلة القياس أو بالمقسم Divider متتبعاً تعرجاته.

٣ – طول الحوض (L) :

وهو خاصية هندسية هامة، وتختلف الطرق المتبعة فى تحديد طول الحوض تبعاً لشكل الحوض وطبيعة إمتداده، ومن أهم الطرق :

أ – قياس المسافة بين المصب وأبعد نقطة على محيط الحوض فى موازاة خط المجرى الرئيسى بالحوض.

ب – قياس المسافة بين المصب والنقطة التى تنصف محيط الحوض.

جـ – قياس طول الخط بين المصب ومركز ثقل الحوض وإمتداده حتى يلتقى بمحيط الحوض. ومركز الثقل هو نقطة تقاطع المجرى الرئيسى مع الخط المنصف لمساحة الحوض عرضياً.

د – قياس المسافة بين المصب وأعلى نقطة على محيط الحوض.

هـ – هو خارج قسمة مساحة الحوض على عرض الحوض.

٤ – عرض الحوض (W) :

ويمكن قياس عرض الحوض مباشرة من الخريطة الكنتورية أو بالحساب :

أ – يقسم الخط الذى يمثل طول الحوض إلى مسافات متساوية، ويقام عند كل نقطة تقسيم عمود يصل إلى محيط الحوض على الجانبين، ويمثل طول العمود عرض الحوض عند هذه النقطة، وعرض الحوض هو متوسط أطوال الأعمدة المقامة عند نقط التقسيم.

ب – هو ناتج قسمة مساحة الحوض على طول الحوض.

٥ – نسبة طول الحوض إلى عرضه : $\frac{\text{طول الحوض (L)}}{\text{عرض الحوض (W)}}$

٦ – نسبة الإستطالة Elongation Ratio :

تصف هذه النسبة إمتداد حوض التصريف بالمقارنة مع شكل المستطيل. وترتفع نسبة الإستطالة فى الأحواض الطولية بينما تنخفض فى الأحواض التى يختلف عرضها مع إمتدادها. ويعبر عن نسبة الإستطالة بالعلاقة التالية :

$$\frac{\text{طول قطر دائرة مساحتها تكافئ مساحة الحوض}}{\text{طول الحوض}}$$

وتقاس مساحة الحوض بالبلانيمتر ، أما طول الحوض فيقاس بين نقطة المصب وأبعد نقطة على خط تقسيم المياه فى الإتجاه الطولى للحوض قياساً مباشراً.

وبالنسبة لوادى الدومى فإن الطول المباشر للحوض يبلغ ١٥,٥ كم، وقطر الدائرة التى مساحتها ١٠٥,١ كم^{٢} يبلغ ١١,٥٦ كم، ونسبة الإستطالة = ١١,٥٦ ÷ ١٥,٥٠ = ٠,٧٤٥ وتمثل هذه النسبة قيمة مرتفعة تشير إلى إقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل.

٧ – إستدارية الحوض Circularity :

تشير الإستدارة إلى نسبة تقارب أو تباعد شكل الحوض عن الشكل الدائرى المنتظم. ويعبر عن الإستدارة الحوضية بالعلاقة التالية :

$$\frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{مساحة الدائرة التى يبلغ محيطها محيط الحوض}}$$

وتقاس مساحة الحوض بالبلانيمتر، كما يقاس طول محيط الحوض بعجلة القياس من الخريطة الكنتورية. وتشير القيم المرتفعة لناتج هذه العلاقة إلى إقتراب شكل الحوض من الشكل الدائرى، كما تشير إلى تعرض الحوض إلى عمليات النحت الرأسي والأفقى فترة زمنية طويلة، أى قطعت مرحلة كبيرة فى دورة التعرية.

وبالنسبة لوادى الدومى فإن مساحة حوضه تبلغ ١٠٥,١ كم^{٢} ، وطول محيط حوض ٤٦,٣ كم ومساحة الدائرة التى يساوى طول محيطها طول محيط الحوض ١٧٠,٦٨ كم ، ونسبة الإستدارة للحوض = ١٠٥,١ ÷ ١٧٠,٦٨ = ٠,٦١٦ وتشير هذه القيمة إلى إنخفاض إستدارة الحوض. ويعنى هذا أن محيط الحوض أو خط تقسيم المياه لايسير بشكل منتظم بل يمر بتعرجات ملحوظة.

وهناك معادلات أخرى لدراسة الخصائص الشكلية لحوض التصريف، ويتم الحصول على حدودها من القياس المباشر من الخريطة الكنتورية. وفيما يلى عرض لأهم تلك المعادلات :

١ – نسبة إستطالة الحوض (E) = $\frac{\text{طول قطر الدائرة التى مساحتها تكافىء مساحة الحوض}}{\text{طول الحوض}}$

أو (E) = $\frac{2\sqrt{\text{مساحة الحوض} \div \text{ط}}}{\text{طول الحوض}}$

أو (E) = $\frac{\text{طول محيط الحوض}}{\text{ط} \times \text{طول الحوض}}$

٢ – نسبة إستدارة الحوض (C) = $\frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{مساحة الدائرة التى يبلغ طول محيطها طول محيط الحوض}}$

أو (C) = $\frac{\text{٤ (مساحة الحوض} \times \text{ط)}}{\text{(طول محيط الحوض)}^{٢}}$

٣ – معامل شكل الحوض (F) = $\frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{(طول الحوض)}^{٢}}$

٤ – نسبة الشكل الكمثرى للحوض (K) = $\frac{\text{(طول الحوض)}^{٢}}{\text{مساحة الحوض}} \times \frac{\text{ط}}{٤}$

أو (K) = $\frac{\text{طول الحوض}}{\sqrt{\text{مساحة الحوض}}} \times \frac{\sqrt{\text{ط}}}{٢}$

أو (K) = $\frac{\text{(طول الحوض)}^{٢}}{\text{٤ (مساحة الحوض)}}$

أو (K) = $\frac{\text{(طول الحوض)}^{٢}}{\text{مساحة الحوض}}$

٥ – معامل إندماج الحوض (Sc) = $\frac{\text{طول محيط الحوض}}{\text{محيط الدائرة التى تكافىء مساحتها مساحة الحوض}}$

أو (Sc) = $\frac{\text{(طول محيط الحوض)}^{٢}}{\text{مساحة الحوض}} \times \text{٤ ط}$

أو (Sc) = $\frac{\text{طول محيط الحوض}}{\text{(مساحة الحوض)}^{٢}} \times \frac{١}{٢\sqrt{\text{ط}}}$

وفى كل المعادلات السابقة فإن ط = النسبة التقريبية = ٣,١٤

٦ – معامل إنبعاج الحوض = ويعالج هذا المعامل السلبيات التى ظهرت فى نسبة إستدارة الحوض وذلك لعدم وجود أحواض دائرية الشكل فى الطبيعة. وتأخذ الأحـواض النهـرية عـادة شكل القطع الناقص أو شكل قطرة الماء أو شكل

دمعة العين، ولقياس مدى إقتراب أو إبتعاد شكل الحوض من هذا الشكل إقترح تشورلى عام ١٩٥٧ معامل إنبعاج الحوض وهو :

$$\frac{\text{طول المحيط التخيلى للحوض}}{\text{طول محيط الحوض}}$$

حيث :

طول المحيط التخيلى = ٢١ × زاوية رأس قطرة الماء أو دمعة العين أو رأس القطع الناقص. ويتم الحصول على تلك الزاوية عن طريق قاطع تمامها (قتا)

$$\text{قتا زاوية رأس القطع الناقص} = \frac{\text{نسبة الشكل الكمثرى للحوض - ١}}{\text{نسبة الشكل الكمثرى للحوض}}$$

وبالكشف فى جدول قاطع التمام يتم الحصول على الزاوية المطلوبة.

ثالثاً : قياسات الخصائص التضاريسية :

تأتى أهمية دراسة الخصائص التضاريسية للحوض فى أنها تلقى الضوء على نشاط عامل التعرية وقوته، وكذلك تحديد المرحلة العمرية بالنسبة لدورة التعرية، بالإضافة إلى تفسير الخصائص الحوضية الأخرى خاصة المساحة وخصائص الشبكة المائية. وكذلك إمكانية حدوث ظاهرة الأسر النهرى، وإبراز أثر نوع الصخر ونظامه.

١ - **نسبة التضرس Relief Ratio** : ويعبر عن نسبة التضرس بالعلاقة التالية :

$$\frac{\text{الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب بالحوض}}{\text{طول الحوض}}$$

وتقرأ المناسيب من واقع خطوط الكنتور وبمساعدة نقط المناسيب المسجلة بين خطوط الكنتور إن وجدت. وتساعد هذه النسبة على إدراك قيمة التضرس النسبى للحوض بغض النظر عن نسيجه الطبوغرافى وتشير إنخفاض قيم نسبة التضرس إلى كبر المساحة الحوضية مما يدل على نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنابع وتقويض مناطق تقسيم المياه وبالتالى إمكانية حدوث أسر نهرى مما يشير إلى التقدم فى دورة التعرية. وعلى العكس من ذلك فإن الأحواض العالية فى نسبة تضرسها تكون صغيرة المساحة، ونشطة فى عملية النحت فى ظل ظروف تضرس مرتفع، ويعنى هذا أنها مازالت فى المراحل الأولى من دورة التعرية النهرية.

أما بالنسبة لوادى الدومى فإن نسبة التضرس تبلغ ٠,٠١ فقط.

٢ - التضاريس النسبية Relative Relief : ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$\frac{\text{الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب بالحوض}}{\text{طول محيط الحوض}} \times ١٠٠$$

وبالنسبة لوادى الدومى فإن الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب يبلغ ١٥٥ م ، وطول محيط الحوض ٤٦,٣ كم، فتكون التضاريس النسبية ٠,٢٣ .

٣ - قيمة الوعورة .Ruggedness V : ويعبر عنها بالعلاقة :

$$\frac{\text{كثافة التصريف} \times (\text{الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب بالحوض})}{\text{طول محيط الحوض}}$$

وبالنسبة لوادى الدومى فإن كثافة التصريف ٢,٨٦ كم / كم٢، والفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب ١٥٥م ، وطول محيط الحوض ٤٦,٣ ، فتكون قيمة الوعورة ٠,٩٥٧ أى أن حجم الوحدات التضاريسية كبير.

٤ - العلاقة بين درجة إنحدار المجرى المائى ورتبته : هناك علاقة وثيقة بين كل من درجات إنحدار المجارى المائية ورتبها تفسرها متوالية هندسية عكسية.

وتحسب درجة الإنحدار على أساس النسبة بين الفارق الرأسى إلى المسافة الأفقية للوحدة النهرية ذات الرتبة المعينة. وبالنسبة لوادى الدومى فإن معدل إنحدار المجارى للرتب المختلفة من الأولى إلى الخامسة على الترتيب هى : ٠,٠٥ ، ٠,٠٢٤ ، ٠,٠١١ ، ٠,٠٠٦ ، ٠,٠٠٤ .

وتوقع معدلات إنحدار الرتب المختلفة على هيئة قطاع طولى (شكل ٩١)، وكل مثلث من المثلثات الموضحة على القطاع يمثل رتبة نهرية قائمة بذاتها. فالخط الرأسى فى المثلث يمثل متوسط الفارق الرأسى لمجارى هذه الرتبة، أما الخط الأفقى فيمثل متوسط طول مجارى نفس الرتبة، أما الوتر فى المثلث فيمثل معدل الإنحدار. وإتصال الخطوط الوترية التى تشير إلى إنحدار مجارى الرتب المختلفة يميل لصنع منحنى مقعر إلى أعلى بينما ينتابه التسطح فى الأجزاء الدنيا. وبمعنى آخر يشتد الإنحدار فى الرتبتين الأولى والثانية، ويضعف فى الثالثة والرابعة والخامسة.

ويمكن توقيع معدل الإنحدار لكل رتبة نهرية فى شكل بيانى نصف لوغاريتمى للتحقق من الشكل النموذجى للمتوالية الهندسية أو الإنحراف عنه.

وهناك معادلات أخرى تشرح الخصائص التضاريسية لحوض التصريف، ويتم الحصول عليها من القياس المباشر من الخريطة الكنتورية. وفيما يلى عرض سريع لأهم المعادلات الخاصة بتلك الخصائص :

١ - تضاريس الحوض (Hb) = أعلى منسوب فى الحوض - أدنى منسوب فى الحوض.

٢ - قيمة الوعورة (Rg) =بالإضافة إلى المعادلة التى ذكرت سابقاً :

$$(Rg) = \frac{\text{كثافة التصريف بالحوض} \times \text{تضاريس الحوض}}{1000}$$

شكل رقم (٩١)

وعند إستخدام وحدات القياس الإنجليزية يكون مقام المعادلة ٥٢٨٠ بدلاً من ١٠٠٠.

٣ - الرقم الجيومترى (G) = $\frac{\text{كثافة التصريف بالحوض × تضاريس الحوض}}{\text{١٠٠٠ × درجة إنحدار سطح أرض الحوض بالتقدير الدائرى}}$

حيث :

ظا (ظل) درجة إنحدار سطح أرض الحوض = $\frac{\text{تضاريس الحوض}}{\text{طول الحوض}}$

وبالكشف فى جدول الظلال يتم الحصول على الزاوية المطلوبة ثم تحوّل إلى التقدير الدائرى.

أو (G) = $\frac{\text{قيمة الوعورة}}{\text{درجة إنحدار سطح أرض الحوض}}$

٤ - زاوية إنحدار سطح أرض الحوض (Sg) =

ظا الزاوية = تضاريس الحوض × ٢ (كثافة التصريف)

وبالكشف فى جدول الظلال يتم الحصول على الزاوية المطلوبة.

٥ - التكامل الهبسومترى = $\frac{\text{كثافة التصريف × مساحة الحوض}}{\text{كثافة التصريف × تضاريس الحوض}}$

٦ - معدل النسيج الإقليمى =

$\frac{\text{مجموع (المساحات الحوضية الرافدية × معدلات النسيج الحوضى الرافدية}}{\text{مجموع المساحات الحوضية الرافدية}}$

الفصل الثامن
بعض الفوائد التطبيقية
للخريطة الكنتورية

- الخريطة الكنتورية وتخطيط الطرق.
- الخريطة الكنتورية والأغراض العسكرية.
- تحديد الأراضى المحتجبة.
- الخريطة الكنتورية وتسوية الأراضى.

الفصل الثامن
بعض الفوائد التطبيقية
للخريطة الكنتورية

الخريطة الكنتورية وتخطيط الطرق:

عرفنا من قبل أن الخريطة الكنتورية تبين شكل سطح الأرض بأبعاده الثلاثة. وتختلف المسافات فى الطبيعة عنها على الخريطة، فالمسافة الحقيقية أو الأرضية هى المسافة المقاسة على الأرض مباشرة والتى يقطعها الإنسان فعلاً عند الإنتقال بين أى نقطتين على الطبيعة مهما اختلف خط السير. أما المسافة على الخريطة فهى المسافة الأفقية وهى عبارة عن البعد الأفقى بين النقطتين بغض النظر عن الإختلاف بين منسوب كل منهما. وهناك فرق بين المسافتين الحقيقية والأفقية ويزداد هذا الفرق كلما زاد الفرق بين منسوب النقط المختلفة التى تحدد المسافة المعينة.

وبظهور الفرق فى المنسوب بين مختلف النقط يظهر إنحدار السطح الذى يقدر إما بالدرجات أى الزاوية بين المستوى الأفقى والسطح المائل للأرض أو بالنسبة أى بنسبة الفرق فى المنسوب إلى المسافة الأفقية. وتختلف درجة الإنحدار زيادة أو نقصاناً على حسب شدة الإنحدار أو تدرجه كما يختلف شكل المنحدر طبقاً لمدى ثبات درجة الإنحدار على طول المنحدر المعين فيكون منتظماً أو محدباً أو مقعراً، خفيفاً فى كل حالة أو شديداً. ويمكن الحصول بكل دقة على نسبة الإنحدار أو درجته أو شكله ونوعه من الخريطة الكنتورية.

وتلعب درجة الإنحدار وتغيرها على طول المنحدرات دوراً هاماً عند تحديد وسائل النقل وتخطيطها باختيار أنسب الخطوط لإنشاء طريق أو مد خط سكة حديد. والجدول التالى يبين بعض درجات الإنحدار ومدى ملائمتها لبعض وسائل النقل:

درجة الإنحدار	نسبته	وصف المنحدر	مدى صلاحية المنحدر لوسائل النقل
١°	١ : ٦٠	خفيف	يعتبر إنحدار شديد بالنسبة للسكك الحديدية
١ – ٣°	١ : ٦٠ – ١ : ٢٠	متوسط	يعتبر شديد الإنحدار بالنسبة للدراجات
٣ – ٦°	١ : ٢٠ – ١ : ١٠	شديد	يمكن للخيل أن تصعده بالعربات
٦ – ١٢°	١ : ١٠ – ١ : ٥	حاد	طريق صعب للسيارات
١٢ – ٢٠°	١ : ٥ ١ : ٣	حاد جداً	لايمكن للخيل أن تصعده بالعربات
٢٠ : ٣٠°	أكثر من ١ : ٣	حاد خطر	لايمكن للسيارات أن تصعده بالمرة
أكثر من ٣٠°	أكثر من ١ : ٢	جرف	لايمكن للإنسان أن يصعده وهو منتصب القامة

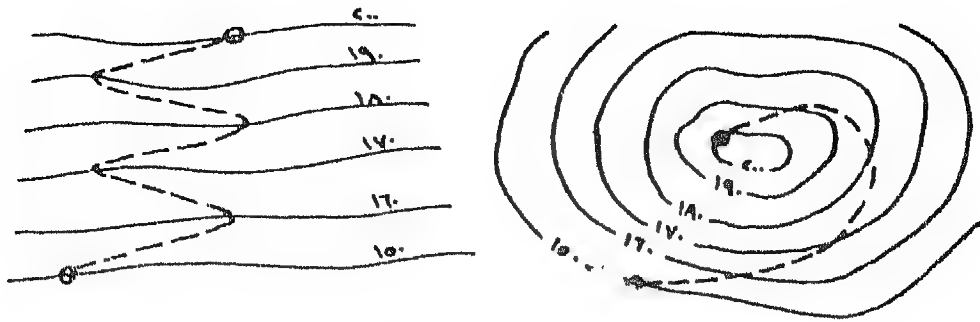
وعند تخطيط الطرق يجب حساب معدل إنحدارها أولاً، ثم بعد ذلك توقع على الخريطة الكنتورية. والمشكلة الأساسية التى تواجه توقيع الطريق على الخريطة هى المحافظة على معدل الإنحدار فى المناطق شديد الإنحدار كالجروف والمنحدرات الشديدة. وللتغلب على هذه المشكلة يجرى تخطيط الطريق فى قاع وادى يقطع هذا المنحدر لأنه من المعروف أن القطاعات الطولية للأودية أقل فى إنحدارها من الجروف والحافات. أو أن يخطط الطريق على شكل خط زجزاجى بين خطوط الكنتور، أو على شكل خط حلزونى فى حالة الصعود إلى قمم التلال الإنفرادية.

فإذا كان المطلوب تخطيط طريق بنسبة إنحدار ١ : ١٠٠ أو أقل للربط بين نقطتين على الخريطة عبر جرف أو منحدر شديد يجرى الآتى :

١ - يحسب معدل إنحدار الجرف وذلك بقسمة الفارق الرأسى بين قمته وحضيضه على المسافة الأفقية بين القمة والحضيض. فإذا كان عدد الفترة الكنتورية على المنحدر خمسة ومقدارها ١٠م والمسافة الأفقية ١٠٠٠م فإن معدل الإنحدار = $\frac{٥٠}{١٠٠٠}$ = $\frac{١}{٢٠}$ = ١ : ٢٠.

٢ - وللوصول إلى معدل الإنحدار المطلوب وهو ١ : ١٠٠ يجب ضرب الحد الأيسر للنسبة أو المقام × ٥ وهذا معناه زيادة المسافة الأفقية خمسة مرات على الأقل. أى للصعود من حضيض المنحدر حتى قمته يجب أن يتم فى مسافة أفقية قدرها على الأقل ٥٠٠٠م . فإذا كان مقياس رسم الخريطة الكنتورية ١ :١٠٠,٠٠٠ تكون هذه المسافة عليها ٥ سم. أى أن المسافة الأفقية بين كل خط كنتور والذى يليه يجب أن تكون على الأقل ١ سم أو أكثر.

٣ - يفتح الديفيدر فتحة = ١ سم ويركز به على أول خط كنتور من كنتورات المنحدر ويرسم به قوس يقطع خط الكنتور التالى له ناحية القمة فى نقطة تبعد عن النقطة الأولى بمسافة ١٠٠٠م على الطبيعة. ثم نركز فى نقطة تقاطع القوس مع خط الكنتور وبنفس الفتحة يرسم قوس آخر يتقاطع مع خط الكنتور التالى فى نقطة وهكذا بشرط أن يكون إتجاه رسم الأقواس ناحية القمة دائماً. وبذلك يتم الحصول على موقع إمتداد الطريق على المنحدر بنسبة ١ :١٠٠ (شكل ٩٢).



تخطيط الطريق على شكل حلزونى **تخطيط الطريق على شكل زجزاجى**

شكل (٩٢)

الخريطة الكنتورية والأغراض العسكرية:

تعتبر الخريطة الكنتورية من الوثائق الهامة فى الميدان العسكرى فهى توضح أنسب الطرق لتحريك آلات الحرب، كما توحى بالخطوط التى يحتمل للعدو أن يسلكها، كما تبين أفضل المواقع لإقامة المعسكرات. إلا أن أهم الأهداف العسكرية التى تحققها الخريطة الكنتورية هو تحديد إمكانية الرؤية فى المناطق المضرسة من نقطة لأخرى لما لذلك من أهمية فى الإستطلاع وتحديد نوع القصف المناسب بالمدفعية لموقع العدو وتحديد المناطق المحتجبة غير المرئية التى يمكن أن يختفى فيها العدو.

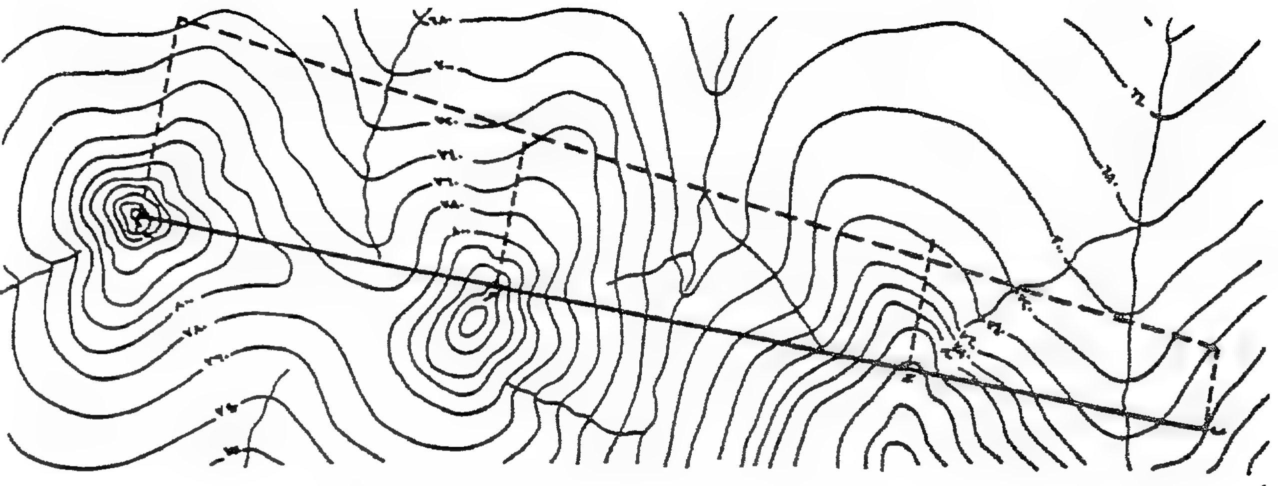
وهناك عدة طرق لتحديد إمكانية الرؤية بين نقطتين يمكن تلخيصها فيما يلى:

١ – قراءة خطوط الكنتور : يمكن تبين إمكانية رؤية نقطة معينة من نقطة أخرى من دراسة خطوط الكنتور من حيث كونها تمثل إنحداراً محدباً أو إنحداراً مقعراً. فإذا كانت الخطوط تبين إنحدار محدب فلايمكن الرؤية، أما إذا بينت

إنحداراً مقعراً فإن الرؤية ممكنة ما لم تكن هناك ظاهرة صغيرة لاتوضحها خطوط الكنتور بسبب كبر الفترة الكنتورية.

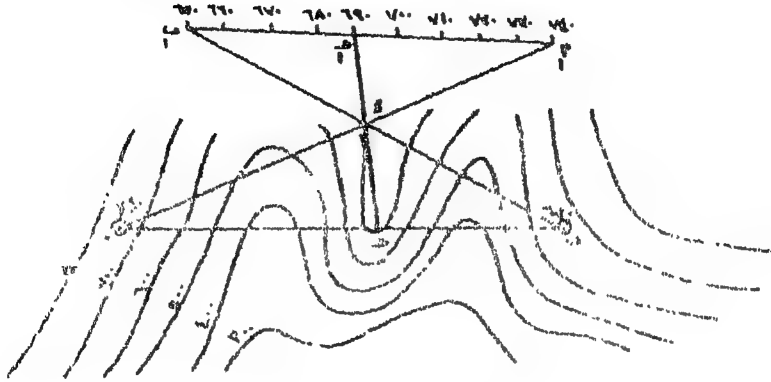
٢ - طريق القطاع التضاريسى : وفى هذه الطريقة يتم رسم قطاع تضاريسى بين النقطتين المراد تحديد إمكانية رؤية إحداهما من الأخرى. ثم يرسم خطاً مستقيماً بين النقطتين على القطاع يمثل خط النظر فإذا تقاطع هذا الخط مع خط القطاع فلا يمكن الرؤية وتصبح المنطقة الواقعة خلف العائق الذى يمنع الرؤية منطقة محتجبة. ويبين (شكل ٩٣) طريقة مبسطة ومختصرة لتحديد إمكانية الرؤية على الخريطة الكنتورية مباشرة وهى تشبه إلى حد ما طريقة القطاع التضاريسى. وفيها يتم رسم أعمدة على الخط الواصل بين النقطتين من النقط التى تمثل قمم المرتفعات أو محاور أراضى مابين الأودية يتناسب طولها مع إرتفاعها بمقياس رسم مناسب.

٣ - طريقة المثلثات المتشابهة : تعتمد هذه الطريقة على فكرة المثلثات المتشابهة. ففى الخريطة الكنتورية (شكل ٩٤) هل يمكن رؤية النقطة أ من النقطة ب مع وجود العائق جـ بينهما ؟ لتطبيق هذه الطريقة يتم تحديد منسوب كل من أ ، ب بالنسبة لأقرب خط كنتور إذا لم يقعا بالفعل على خط كنتور، فإذا كان منسوب أ = ٧٤٠ م ومنسوب ب = ٦٥٠م يتم توصيل النقطتين بخط مستقيم أ ب ، ثم يرسم خطاً موازياً له خارج الشكل وليكن أ١ ، ب١ فى ترتيب عكسى ويقسم هذا الخط إلى عدد من الأقسام يتناسب مع فرق المنسوب بين النقطتين أى يقسم إلى تسعة أقسام يمثل كل قسم منها ١٠ م ثم نصل أ١ أ ثم ب١ ب ، فيتقاطعان فى نقطة د . يرسم خط من نقطة ج التى تمثل أعلى نقطة على الخط أ ب إلى النقطة د ويمد على إستقامته حتى يتلاقى مع أ١ ب١ فى جـ١ ويحدد قيمتها على هذا الخط، فإذا كانت قيمتها على الخط أ١ ب١ أكبر من منسوب النقطة جـ



شكل (٩٣) امكانية الرؤية بطريقة الأعمدة . نلاحظ أن الخط الواصل بين قمة العمود الممثل للقمة (أ) وقمة العمود الممثل للنقطة (ب) يتقاطع مع العمود الممثل للنقطة (ى) لذا فإن (ى) تعوق الرؤية.

على الخريطة الكنتورية فإن الرؤية ممكنة بين النقطتين أ ، ب ، أما إذا كانت قيمة جـ ١ أقل من منسوب جـ فإنه لايمكن رؤية النقطة ب من نقطة أ حيث أن العائق جـ يحول دون تلك الرؤية.



شكل (٩٤)

تحديد الأراضي المحتجبة Dead Ground :

يمكن تحديد المناطق التي لايمكن رؤيتها من نقطة رصد معينة على الخريطة الكنتورية، وهناك عدة طرق لتحديدها :

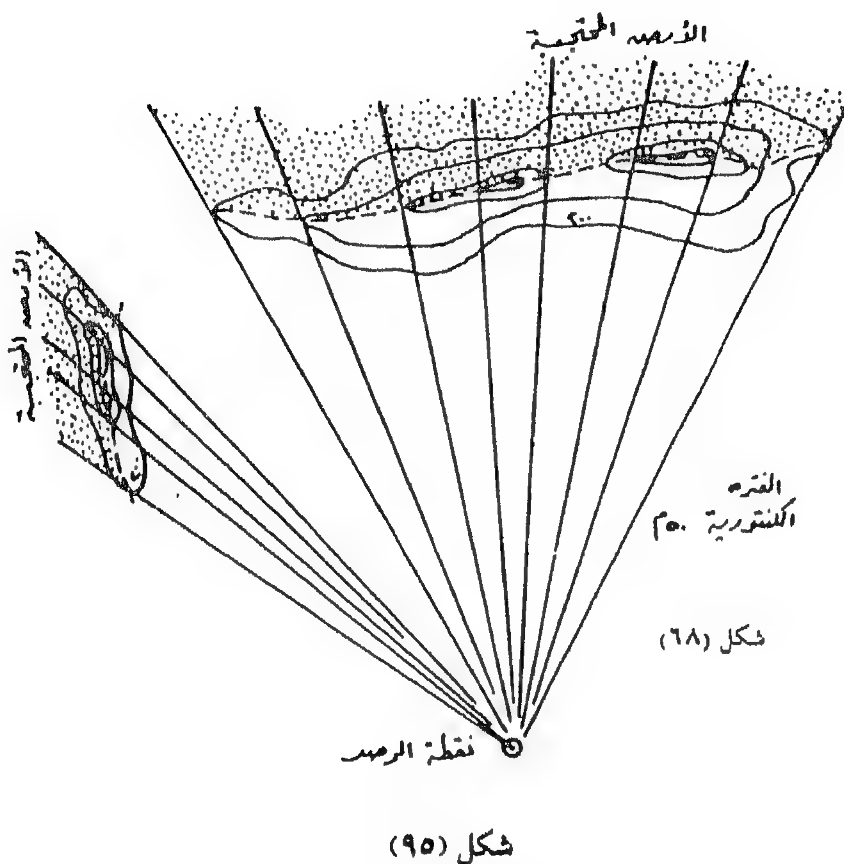
١ – طريقة القطاعات التضاريسية : وتتلخص هذه الطريقة في :

أ – ترسم أشعة تنبعث من نقطة الرصد تجاه المناطق التي يراد تحديد الأجزاء المحتجبة منها. ويمثل كل شعاع خط نظر يتم إنشاء قطاع تضاريسي عليه في ورقة خارجية، ويحدد على كل قطاع النقط التي تختفي بعدها الأرض والنقط التي تظهر بعدها.

ب – تنقل هذه النقط إلى الأشعة المرسومة على الخريطة الكنتورية.

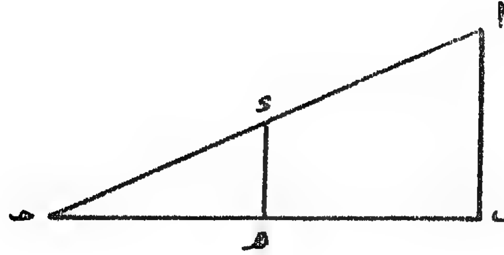
جـ – توصل النقط التي تختفي الأرض بعدها بخط، كما توصل النقط التي تظهر بعدها بخط آخر.

د - تظلل المساحات المحصورة بين خط الإختفاء وخط الرؤية فتكون هي الأرض المحتجبة التي لايمكن رؤيتها من نقطة الرصد، (شكل ٩٥).



شكل (٩٥)

٢ - طريقة فرق المنسوب : تعتمد هذه الطريقة على قاعدة التناسب بين أضلاع المثلثات المتطابقة . ففي (شكل ٩٦) المثلثين أ ب جـ ، جـ د هـ $\frac{\text{جـ هـ}}{\text{جـ ب}} = \frac{\text{د هـ}}{\text{أ ب}}$. فإذا كان جـ ب ضعف جـ هـ فإن أب ضعف د هـ.



شكل (٩٦)

ويترتب على هذه القاعدة أن فرق المنسوب بين نقطتى جـ ، د يساوى ضعف فرق المنسوب بين جـ ، د فى مقابل أن المسافة الأفقية بين جـ ، ب تساوى ضعف المسافة الأفقية بين جـ ، هـ.

ويمكن الإستفادة من هذه القاعدة الرياضية فى تحديد الأراضى المحتجبة على الخريطة الكنتورية. فإذا كانت نقطة أ على منسوب ١٠م، ونقطة ب على المنسوب ٢٠م – أى أن فرق المنسوب بينهما ١٠م – والمسافة بينهما على الخريطة ٤ سم، فعلى بعد ٨ سم من أ وعلى إمتداد الخط أ ب سيكون منسوب نقطة جـ ٣٠م ، أى أن فرق المنسوب بين أ ، جـ = ٢ م . وعلى ذلك فكل نقطة تقع خلف نقطة جـ وعلى إمتداد الخط أ ب منسوبها أقل من ٣٠ م لايمكن رؤيتها من نقطة أ ، وبالتالى فكل نقطة خلف جـ ومنسوبها أعلى من ٣٠م فإنه يمكن رؤيتها من أ .

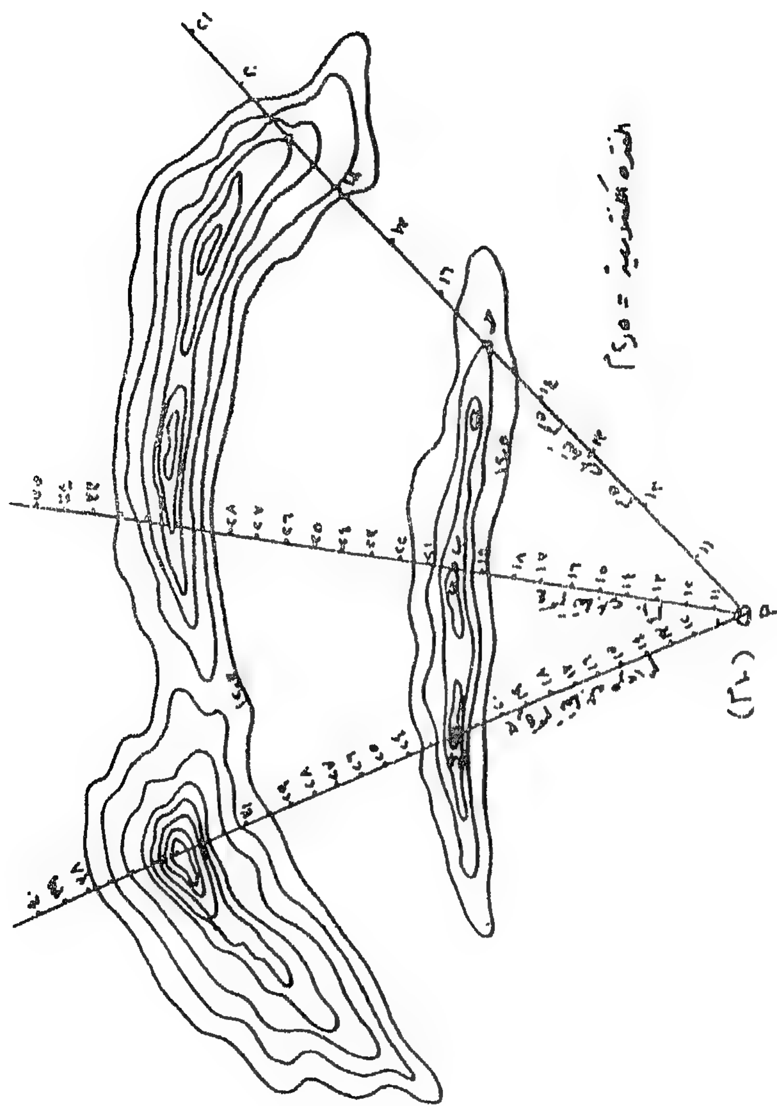
وتتلخص طريقة فرق المنسوب فى المثال التالى : بفرض أن نقطة الرصد (أ) على منسوب ١٠م، وهناك تل يمتد عرضياً كما تبينه خطوط الكنتور ترتفع قمته إلى ٢٠م، ويراد تحديد المناطق المحتجبة والأخرى التى يمكن رؤيتها من نقطة أ خلف هذا التل، تجرى الخطوات التالية:

أ - ترسم أشعة تنبعث من نقطة الرصد أ تجاه التل العرضى وتمد إلى المناطق الواقعة خلفه والتى يراد تحديد الأجزاء المحتجبة منها.

ب - يسجل على كل شعاع معدل الإرتفاع ، ويقسم كل خط على هيئة مقياس رسم خطى تبعاً لمعدل إرتفاع خط النظر. فخط النظر أ ب مثلاً (شكل ٩٧) طوله ٤ سم وفرق المنسوب ١٠م ، أى أن معدل الإرتفاع هو متراً واحداً لكل ٤ مم على الخريطة، فيقسم الخط إلى عشرة أقسام وتسجل عليه المناسيب بدءاً من نقطة أ : ١١ ، ١٢ ، ١٣ ، .... إلى ٢٠م عند ب. ويمد الخط بعد النقطة ب ويدرج بنفس الطريقة : ٢١ ، ٢٢ ، ٢٣ ، ٢٤ .. إلخ. وكذلك الخط أ جـ الذى طوله على الخريطة ٦ سم، والخط أ د الذى طوله ٥,٥ سم وبقية الخطوط البينية الأخرى.

جـ - يحدد على كل شعاع أول نقطة تظهر للراصد الواقف فى أ . وبداهة فإن أول نقطة تظهر هى التى يتساوى عندها منسوب خط النظر مع منسوب سطح الأرض كما تبينه خطوط الكنتور، وذلك بمطابقة قيم نقط التدريج على خط النظر بقيم خطوط الكنتور. وطالما ظلت قيم خطوط الكنتور أكبر من قيم نقط التدريج تكون الأرض على إمتداد خط النظر مرئية بالنسبة للنقطة أ. أما آخر نقطة يمكن أن تشاهد على خط النظر من أ فهى النقطة التى يتساوى عندها منسوب سطح الأرض كما تبينه خطوط الكنتور مع قيمة إحدى نقطة التدريج، وبعدها تصبح قيم خطوط الكنتور أقل من قيم نقط التدريج، وهذا يعنى أن تلك الأجزاء على إمتداد خط النظر لايمكن رؤيتها من أ.

د - بعد توقيع النقط المحددة للمناطق المرئية والمناطق المحتجبة يتم التوصيل بينها، وتظلل المناطق غير المرئية بظل مميز.



شكل (٩٧)

الخريطة الكنتورية وتسوية الأراضى

يعتبر موضوع تسوية الأراضى من الموضوعات الهامة فى مصر الآن حيث يجرى إستصلاح مئات الآلاف من الأفدنة. وتتطلب العمليات الزراعية المختلفة أرضاً يتيسر للمياه أن تسرى فوقها بالتساوى دون أن تسبب نحراً وتآكلاً فى الأرض. فالأرض ينبغى أن يكون لها إنحداراً مستمراً منتظماً لمسافات طويلة بقدر الإمكان وفى أى إتجاه. ويجب الإشارة هنا قبل الدخول فى تفاصيل العمل الخرائطى إلى أنه من الأهمية بمكان عند تسوية الأرض إختيار الوقت الملائم لعملية التسوية، وعادة يكون الفصل الجاف هو أنسب الأوقات، وذلك بعد أن تنظف الأرض جيداً من الأعشاب والحشائش.

حسابات تسوية الأراضى بطريقة كنتور الحفر والردم :

تعتمد هذه الطريقة على إنشاء خريطة كنتورية دقيقة للمنطقة المراد تسويتها وتزود هذه الطريقة العامل الذى يقوم بتشغيل آلة التسوية بخريطة تبين درجة الحفر والردم.

خطوات العمل :

١ – تجهز خريطة كنتورية دقيقة للأرض المراد تسويتها بفترة كنتورية صغيرة ومقياس رسم كبير مناسبين للدقة المطلوبة.

٢ – تحدد إنحدارات سطح التسوية، وذلك باتباع إنحدارات سطح الأرض، الأصلية قدر الإمكان، وليس من الضرورى أن يكون الإنحدار منتظماً. ويراعى عند إختيار هذه الإنحدارات تكلفة التنفيذ وذلك بإنقاص المقدار الكلى لكميات الحفر والردم وسهولة إنسياب المياه والمحافظة على التربة من الإنجراف.

٣ - ترسم خطوط كنتور الإنحدار المقترح على الخريطة الكنتورية وهى مبينة بخطوط مستقيمة منتظمة (شكل ٩٨).

٤ - تحدد نقط تقاطع خطوط كنتور التسوية مع خطوط كنتور سطح الأرض الأصلية، ويسجل بجوار كل نقطة الفرق بينهما، فإذا كان قيمة خط كنتور التسوية أقل من قيمة خط كنتور سطح الأرض كان الفرق ممثلاً لعمق الحفر وتعطى له الإشارة (+). أما إذا كانت قيمة خط كنتور التسوية أكبر من قيمة خط كنتور سطح الأرض فإن الفرق يكون ممثلاً للإرتفاع الردم وتعطى له الإشارة (-).

٥ - تصل النقط ذات الفرق المتساوى بخط مميز (مقطع من الشكل)، والخط الذى قيمته صفر هو الخط الفاصل بين منطقة الحفر والردم. وتسمى هذه الخطوط بخطوط الحفر المتساوى أو خطوط الردم المتساوى.

٦ - تقاس المساحات المحصورة بخطوط عمق الحفر المتساوى أو إرتفاع الردم المتساوى بالبلانيمتر، وتحسب حجم الأتربة الناجمة بطريقة متوسط القاعدتين كالتالى :

أ - لإيجاد حجم الردم بين خطى تساوى صفر، - ٠,٥ تقاس المساحة المحصورة بخط صفر، وتلك المحصورة بخط -٠,٥ بالبلانيمتر ثم تحسب متوسط المساحتين. بضرب متوسط المساحتين × الفارق الرأسى بين خطى التساوى (٠,٥ م) ينتج الكمية الواجب ردمها.

ب - تقاس المساحة التى يضمها خط تساوى - ١,٠٠ ، وتحسب متوسط المساحتين بين -٠,٥ - ١,٠٠ . ويضرب متوسط المساحتين × الفارق الرأسى بينهما ينتج كمية الردم.

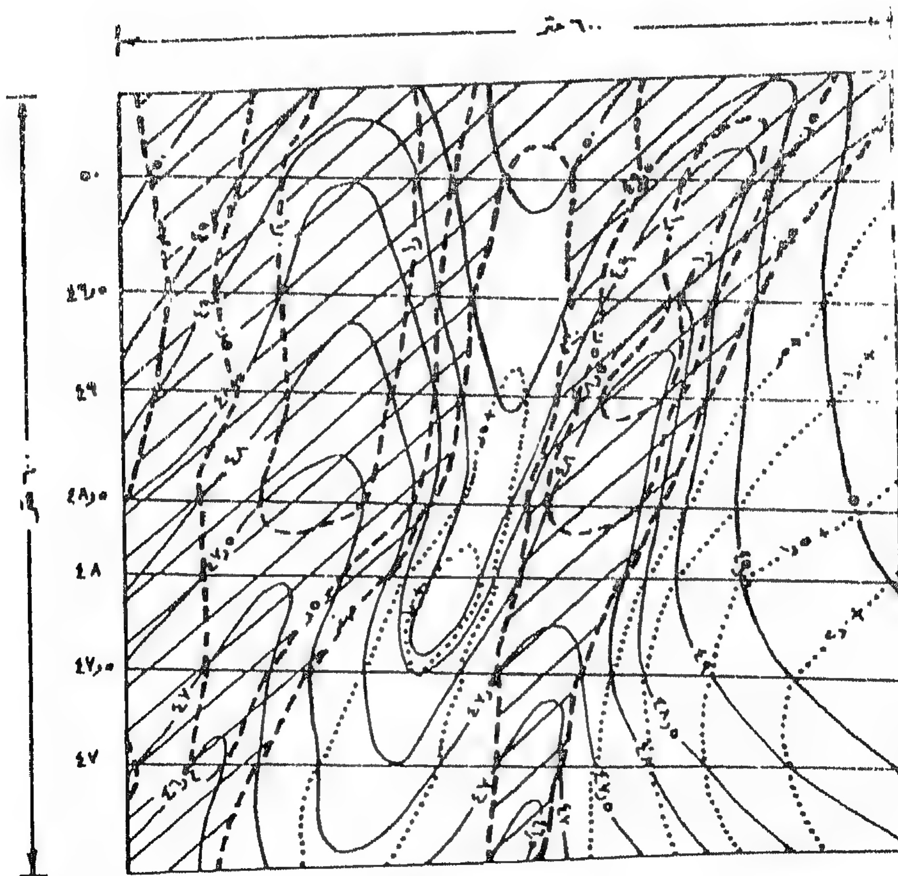
جـ - يستمر فى العمل حتى أقل منسوب، ثم تجمع الكميات للحصول على الكمية الكلية فى حالة الردم. ويكرر نفس العمل فى حالة الحفر حتى أعلى منسوب.

د - يجب الأخذ فى الإعتبار أن يزيد مقدار الحفر بكمية تتراوح بين ٥ ، ١٥ ٪ عن مقدار الردم وذلك لسد العجز الناتج عن فقد الأتربة والتقوس

فى سطح الأرض الذى يحدث عن دك التربة النهائى.

٧ – يجب أن تتساوى تقريباً مساحات الحفر مع مساحات الردم، وإذا وجد فرق كبير تزحزح خطوط كنتور التسوية المقترحة ناحية ضد الإنحدار فيزداد الحفر أو ناحية إتجاه الإنحدار فتزداد كمية الردم.

٨ – تعطى الخريطة النهائية لعامل التشغيل مع وجود بيان إتجاه نقل الأتربة عليها بواسطة أسهم.



خريطة تسوية الأرض بطريقة كنتور الحفر والردم

شكل (٩٨)

العمق	الحفر			الردم		
	المساحة م٣	متوسط المساحة /م٣	الحجم /م٣	المساحة م٣	متوسط المساحة /م٣	الحجم /م٣
صفر	١٦٦٤٠٠			١٩٣٦٠٠		
		١٣٢١٥٠	٦٤٠٧٥		١٤٨٥٠٠	٧٤٢٥٠
٠,٥٠	٩٧٩٠٠			١٠٣٥٠٠		
		٨٢٢٥٠	٤١١٢٥		٧٢١٠٠	٣٦٠٥٠
١,٠٠	٦٦٦٠٠			٤٠٧٠٠		
		٥١٣٥٠	٢٥٦٧٥		٢٠٣٥٠	١٠١٧٥
١,٥٠	٣٦١٠٠			صفر		
		٢٥٤٠٠	١٢٧٠٠			
٢,٠٠	١٤٧٠٠					
		٧٣٥٠	٣٦٧٥			
٢,٥٠٠	صفر					
			١٤٧٢٥٠			١٢٠٤٧٥

الحفر يزيد بمقدار ٢٢٪ عن الردم.

المراجع الرئيسية

أولاً : المراجع العربية :

١ - أحمد أحمد مصطفى : الجغرافيا العملية والخرائط، الطبعة الثانية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٢.

٢ - .... : الخرائط الجيولوجية - للجغرافيين والخرائطيين، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٨.

٣ - .... : وادى النيل بين إدفو وإسنا - دراسة جيومورفولوجية - رسالة ماجستير غير منشورة، الإسكندرية ١٩٧٦.

٤ - .... : حوض وادى حنيفة بالمملكة العربية السعودية : دراسة جيومورفولوجية. رسالة دكتوراة غير منشورة. الإسكندرية ١٩٨٢.

٥ - على سالم شكرى وزملاؤه : المساحة المستوية - الكميات والميزانيات. الإسكندرية ١٩٨٥.

٦ - على عبد الوهاب شاهين : بحوث فى الجيومورفولوجيا. الإسكندرية ١٩٧٧.

٧ - فتح الله عوض وزملاؤه : جيولوجيا الحقل - مترجم. القاهرة ١٩٦٧.

٨ - فخرى موسى نخله وزملاؤه : التراكيب والخرائط الجيولوجية. القاهرة ١٩٧٠.

٩ - محب الدين حسين وزملاؤه : المساحة الجيولوجية ومساحة المناجم والانفاق. القاهرة ١٩٧٠.

١٠ - محمد بريان وزملاؤه : قراءة وتحليل الخريطة الطبغرافية - منشورات اللجنة الوطنية المغربية للجغرافية - الرباط، ١٩٨٩.

١١ - محمد صبحى عبد الحكيم وزميله : علم الخرائط. القاهرة ١٩٦٦.

١٢ – محمود عبد اللطيف عصفور وزميله الخرائط ومبادئ المساحة القاهرة ١٩٧٠

١٣ – يحيى عيسى فرحان : تظليل التضاريس – دراسة كارتوجرافية. المجلة الجغرافية السورية، المجلد الرابع. دمشق ١٩٧٩.

١٤ – لوحات من أطلس مصر الطبوغرافي مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ ومقياس ١:٠٠٠ ٥٠ ومقياس ١:٢٥,٠٠٠ . الهيئة المصرية العامة للمساحة. القاهرة.

١٥ – لوحات طبوغرافية بمقاييس رسم مختلفة. المملكة المتحدة.

ثانيا : المراجع الأجنبية :

1. Bannister, A. & Raymond, S., "Surveying", London, 1979.

2. Bryant, V. S. & Hughes, T. H., "Map Work", Oxford, 1934.

3. Bygott, J., "An Introduction to Map Work and Practical Geography", London, 1952.

4. Curran, H. & Others, " Atlas of Landforms", London, 1973.

5. Curran, J. P.1967, "Cartographic Relief Portrayal", The Cartographer, Vol. 4.

6. Dickinson, G. C., "Statistical Mapping and Presentation of Statistics", London, 1977.

7. Doornkamp, J. C. & King, C. A. M., "Numerical Analysis in Geomorphology - An Introduction ". London, 1971.

8. Dornbach, J. E. 1956, "An Approach to Design of Terrain Representation", Surveying and Mapping, Vol. 16.

9. Gardiner, V., "Drainage Basin Morphometry". In Goudie, A. editor, A manual of Geomorphological Techniques, Thesis, Allen & Unwin, London,1990.

10. Hammond, E. H. 1954, "Small Scale Continental Landform Maps", Annals of the Association of American Geographers, Vol. 44.

11. .... 1964, "Analysis of Properties in Landform Geograhpy: An Application to Broad Scale Landform

Mapping", Annals of the Association of American Geographers, Vol. 54.

12. Horton, R. E., 1932, "Drainage Basin Characteristics ". Amer. Geophys. Union, Tr.

13. ...., 1945, "Erosional Development of Streams and Their Drainage Basin, Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology". Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 56.

14. Imhof, E., "Cartographic Relief Presentation". Waler de Gruyter, New York, 1982.

15. Jenks. G. F. & Caspall, F. C., "Vertical Exaggeration in Three Dimentional Mapping", Tech. Rept. No. 2, Geography Branch, ONR. 1967.

16. Keates, J. S., 1961, "Techniques of Relief Representation", Surveying and Mapping, Vol. 21.

17. MacMahan, H. Jr., "Streogram Book of Contours". Hubbard Scientific Co. Illinois, 1974.

18. Melton, M. A., 1958, "Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and Their Controlling Agents". Jour. Geol., Vol. 66.

19. Miller, V. C., " A quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area,

Virginia and Tennessess". Columbia Univ. Ph. D. Dissertation, 1953.

20. Pickles, T., "Map Reading", London, 1947.

21. ...., "Intermediate Map Reading", London, 1951.

22. Raisz, E. 1931, "The Physiographic Method for Representing Scenery on Maps", The Geographical Review, Vol. 21.

23. Richarme, P.1963, "The Photographic Hill Shading of Maps", Surveying and Mapping, vol. 23.

24. Ridd, M. K.1963, "The Proportional Relief Landform Map", Annals of the Association of American Geographers, Vol. 53.

25. Robinson, A. H. & Sale, R. D., "Elements of Cartography", New York, 1969.

26. Schumm, S. A., 1956, "Evolution of Drainage Systems and Slopes in Bad Lands at Perth Amboy, New Jersey". Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 67.

27. Shreve, R. L., 1974, "Variation of Main Stream Length with Basin Area in River Networks". Water Resource Res., Vol. 10.

28. Smith, K. G., 1950, "Standards for Grading Texture of Erosional Topography". Amer. J. Sci., Vol. 248.

29. Strahler, A. N., 1952, "Hypsometric (area - altitude) Analysis of Erosional Topography". Geol. Soc. Amer. Bull., Vol.63.

30. ...., "Qqantitative Analysis of Drainage Basins Networks". Handbook of Applied Hydrology, V. T. Chow (ed.), 1964.

31. ...., "Physical Geography", New York, 1971.

32. Tanaka, K.1950, "The Relief Contour Method of Representing Topography on Maps", The Geographical Review, Vol. 40.

33. Wilkinson, H. R. & Monkhouse, F. J., "Maps and Diagrams", London, 1974.

34. Yoeli, P.1959, "Relief Shading", Surveying and Mapping, Vol. 19.

35. ....1965, "Analytical Hill Shading", Surveying and Mapping, Vol. 25.

36................1967, "Analytical Hill Shading and Density", Surveying and Mapping, Vol. 26.

37..................1967, "Mechanization in Analytical Hill Shading ", The Cartographic Journal, Vol. 4.

ملحق

جداول الاستاديا

ملحق (١) : جدول تصحيح المسافات بطريقة شعرات الاستاديا

الدرجة / الدقيقة	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
٠	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٧	٩٩,٨٨	٩٩,٧٣	٩٩,٥١	٩٨,٢٤	٩٨,٩١	٩٨,٠١ ,٥١	٩٨,٠٦
٢	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٧	٩٩,٨٧	٩٩,٧٢	٩٩,٥١	٩٩,٢٣	٩٨,٩٠	٩٨,٥٠	٩٨,٠٥
٤	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٧	٩٩,٨٧	٩٩,٧١	٩٩,٥٠	٩٨,٢٢	٩٨,٨٨	٩٨,٤٨	٩٨,٠٣
٦	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٦	٩٩,٨٧	٩٩,٧١	٩٩,٤٩	٩٩,٢١	٩٨,٨٧	٩٨,٤٧	٩٨,٠١
٨	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٦	٩٩,٨٦	٩٩,٧٠	٩٩,٤٨	٩٩,٢٠	٩٨,٨٦	٩٨,٤٦	٩٨,٠٠
١٠	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٦	٩٩,٨٦	٩٩,٦٩	٩٩,٤٧	٩٩,١٩	٩٨,٨٥	٩٨,٤٤	٩٧,٩٨
١٢	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٦	٩٩,٨٥	٩٩,٦٩	٩٩,٤٦	٩٩,١٨	٩٨,٨٣	٩٨,٤٣	٩٧,٩٧
١٤	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٥	٩٩,٨٥	٩٩,٦٨	٩٩,٤٦	٩٩,١٧	٩٨,٨٢	٩٨,٤١	٩٧,٩٥
١٦	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٥	٩٩,٨٤	٩٩,٦٨	٩٩,٤٥	٩٩,١٦	٩٨,٨١	٩٨,٤٠	٩٧,٩٣
١٨	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٥	٩٩,٨٤	٩٩,٦٧	٩٩,٤٤	٩٩,١٥	٩٨,٨٠	٩٨,٣٩	٩٧,٩٢
٢٠	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٥	٩٩,٨٣	٩٩,٦٦	٩٩,٤٣	٩٩,١٤	٩٨,٧٨	٩٨,٣٧	٩٧,٩٠
٢٢	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٤	٩٩,٨٣	٩٩,٦٦	٩٩,٤٢	٩٩,١٣	٩٨,٧٧	٩٨,٣٦	٩٧,٨٨
٢٤	١٠٠,٠٠	٩٩,٩٤	٩٩,٨٢	٩٩,٦٥	٩٩,٤١	٩٩,١٢	٩٨,٧٥	٩٨,٣٤	٩٧,٨٧
٢٦	٩٩,٩٩	٩٩,٩٤	٩٩,٨٢	٩٩,٦٤	٩٩,٤٠	٩٩,١٠	٩٨,٧٤	٩٨,٣٣	٩٧,٨٥

٢٨	٩٩,٩٩	٩٩,٩٣	٩٩,٨١	٩٩,٦٣	٩٩,٣٩	٩٩,٠٩	٩٨,٧٣	٩٨,٣١	٩٧,٨٣
٣٠	٩٩,٩٩	٩٩,٩٣	٩٩,٨١	٩٩,٦٣	٩٩,٣٨	٩٩,٠٨	٩٨,٧٢	٩٨,٢٩	٩٧,٨٢
٣٢	٩٩,٩٩	٩٩,٩٣	٩٩,٨٠	٩٩,٦٢	٩٩,٣٨	٩٩,٠٧	٩٨,٧١	٩٨,٢٨	٩٧,٨٠
٣٤	٩٩,٩٩	٩٩,٩٣	٩٩,٨٠	٩٩,٦٢	٩٩,٣٧	٩٩,٠٦	٩٨,٦٩	٩٨,٢٧	٩٧,٧٨
٣٦	٩٩,٩٩	٩٩,٩٢	٩٩,٧٩	٩٩,٦١	٩٩,٣٦	٩٩,٠٥	٩٨,٦٨	٩٨,٢٥	٩٧,٧٦
٣٨	٩٩,٩٩	٩٩,٩٢	٩٩,٧٩	٩٩,٦٠	٩٩,٣٥	٩٩,٠٤	٩٨,٦٧	٩٨,٢٤	٩٧,٧٥
٤٠	٩٩,٩٩	٩٩,٩٢	٩٩,٧٨	٩٩,٥٩	٩٩,٣٤	٩٩,٠٣	٩٨,٦٥	٩٨,٢٢	٩٧,٧٣
٤٢	٩٩,٩٩	٩٩,٩١	٩٩,٧٨	٩٩,٥٩	٩٩,٣٣	٩٩,٠١	٩٨,٦٤	٩٨,٢٠	٩٧,٧١
٤٤	٩٩,٩٨	٩٩,٩١	٩٩,٧٧	٩٩,٥٨	٩٩,٣٢	٩٩,٠٠	٩٨,٦٣	٩٨,١٩	٩٧,٦٩
٤٦	٩٩,٩٨	٩٩,٩٠	٩٩,٧٧	٩٩,٥٧	٩٩,٣١	٩٨,٩٩	٩٨,٦١	٩٨,١٧	٩٧,٦٨
٤٨	٩٩,٩٨	٩٩,٩٠	٩٩,٧٦	٩٩,٥٦	٩٩,٣٠	٩٨,٩٨	٩٨,٦٠	٩٨,١٦	٩٧,٦٦
٥٠	٩٩,٩٨	٩٩,٩٠	٩٩,٧٦	٩٩,٥٦	٩٩,٢٩	٩٨,٩٧	٩٨,٥٨	٩٨,١٤	٩٧,٦٤
٥٢	٩٩,٩٨	٩٩,٨٩	٩٩,٧٥	٩٩,٥٥	٩٩,٢٨	٩٨,٩٦	٩٨,٥٧	٩٨,١٣	٩٧,٦٢
٥٤	٩٩,٩٨	٩٩,٨٩	٩٩,٧٤	٩٩,٥٤	٩٩,٢٧	٩٨,٩٤	٩٨,٥٦	٩٨,١١	٩٧,٦١
٥٦	٩٩,٩٧	٩٩,٨٩	٩٩,٧٤	٩٩,٥٣	٩٩,٢٦	٩٨,٩٣	٩٨,٥٤	٩٨,١٠	٩٧,٥٩
٥٨	٩٩,٩٧	٩٩,٨٨	٩٩,٧٣	٩٩,٥٢	٩٩,٢٥	٩٨,٩٢	٩٨,٥٣	٩٨,٠٨	٩٧,٥٧
٦٠	٩٩,٩٧	٩٩,٨٨	٩٩,٧٣	٩٩,٥١	٩٩,٢٤	٩٨,٩١	٩٨,٥١	٩٨,٠٦	٩٧,٥٥

دقيقة \ الدرجة	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧
٠٠	٩٧,٥٥	٩٦,٩٨	٩٦,٣٦	٩٥,٦٨	٩٤,٩٤	٩٤,١٥	٩٣,٣٠	٩٢,٤٠	٩١,٤٥
٢	٩٧,٥٣	٩٦,٩٦	٩٦,٣٤	٩٥,٦٥	٩٤,٩١	٩٤,١٢	٩٣,٢٧	٩٢,٣٧	٩١,٤٢
٤	٩٧,٥٢	٩٦,٩٤	٩٦,٣٢	٩٥,٦٣	٩٤,٨٩	٩٤,٠٩	٩٣,٢٤	٩٢,٣٤	٩١,٣٩
٦	٩٧,٥٠	٩٦,٩٢	٩٦,٢٩	٩٥,٦١	٩٤,٨٦	٩٤,٠٧	٩٣,٢١	٩٢,٣١	٩١,٣٥
٨	٩٧,٤٨	٩٦,٩٠	٩٦,٢٧	٩٥,٥٨	٩٤,٨٤	٩٤,٠٤	٩٣,١٨	٩٢,٢٨	٩١,٣٢
١٠	٩٧,٤٦	٩٦,٨٨	٩٦,٢٥	٩٥,٥٦	٩٤,٨١	٩٤,٠١	٩٣,١٦	٩٢,٢٥	٩١,٢٩
١٢	٩٧,٤٤	٩٦,٨٥	٩٦,٢٣	٩٥,٥٣	٩٤,٧٩	٩٣,٩٨	٩٣,١٣	٩٢,٢٢	٩١,٢٦
١٤	٩٧,٤٣	٩٦,٨٤	٩٦,٢١	٩٥,٥١	٩٤,٧٦	٩٣,٩٥	٩٣,١٠	٩٢,١٩	٩١,٢٢
١٦	٩٧,٤١	٩٦,٨٢	٩٦,١٨	٩٥,٤٩	٩٤,٧٣	٩٣,٩٣	٩٣,٠٧	٩٢,١٥	٩١,١٩
١٨	٩٧,٣٩	٩٦,٨٠	٩٦,١٦	٩٥,٤٦	٩٤,٧١	٩٣,٩٠	٩٣,٠٤	٩٢,١٢	٩١,١٦
٢٠	٩٧,٣٧	٩٦,٧٨	٩٦,١٤	٩٥,٤٤	٩٤,٦٨	٩٣,٨٧	٩٣,٠١	٩٢,٠٩	٩١,١٢
٢٢	٩٧,٣٥	٩٦,٧٦	٩٦,١٢	٩٥,٤١	٩٤,٦٦	٩٣,٨٤	٩٢,٩٨	٩٢,٠٦	٩١,٠٩
٢٤	٩٧,٣٣	٩٦,٧٣	٩٦,٠٩	٩٥,٣٩	٩٤,٦٣	٩٣,٨١	٩٢,٩٥	٩٢,٠٢	٩١,٠٦
٢٦	٩٧,٣١	٩٦,٧٢	٩٦,٠٧	٩٥,٣٦	٩٤,٦٠	٩٣,٧٩	٩٢,٩٢	٩٢,٠٠	٩١,٠٢

٢٨	٩٧,٢٩	٩٦,٧٠	٩٦,٠٥	٩٥,٣٤	٩٤,٥٨	٩٣,٧٥	٩٢,٨٩	٩١,٩٧	٩٠,٩٩
٣٠	٩٧,٢٨	٩٦,٦٨	٩٦,٠٣	٩٥,٣٢	٩٤,٥٥	٩٣,٧٣	٩٢,٨٦	٩١,٩٣	٩٠,٩٦
٣٢	٩٧,٢٦	٩٦,٦٦	٩٦,٠٠	٩٥,٢٩	٩٤,٥٢	٩٣,٧٠	٩٢,٨٣	٩١,٩٠	٩٠,٩٢
٣٤	٩٧,٢٤	٩٦,٦٤	٩٥,٩٨	٩٥,٢٧	٩٤,٥٠	٩٣,٦٧	٩٢,٨٠	٩١,٨٧	٩٠,٨٩
٣٦	٩٧,٢٢	٩٦,٦٢	٩٥,٩٦	٩٥,٢٤	٩٤,٤٧	٩٣,٦٥	٩٢,٧٧	٩١,٨٤	٩٠,٨٦
٣٨	٩٧,٢٠	٩٦,٦٠	٩٥,٩٣	٩٥,٢٢	٩٤,٤٤	٩٣,٦٢	٩٢,٧٤	٩١,٨١	٩٠,٨٢
٤٠	٩٧,١٨	٩٦,٥٧	٩٥,٩١	٩٥,١٩	٩٤,٤٢	٩٤,٥٩	٩٢,٧١	٩١,٧٧	٩٠,٧٩
٤٢	٩٧,١٦	٩٦,٥٥	٩٥,٨٩	٩٥,١٧	٩٤,٣٩	٩٤,٥٦	٩٢,٦٨	٩١,٧٤	٩٠,٧٦
٤٤	٩٧,١٤	٩٦,٥٣	٩٥,٨٦	٩٥,١٤	٩٤,٣٦	٩٣,٥٣	٩٢,٦٥	٩١,٧١	٩٠,٧٢
٤٦	٩٧,١٢	٩٦,٥١	٩٥,٨٤	٩٥,١٢	٩٤,٣٤	٩٣,٥٠	٩٢,٦٢	٩١,٦٨	٩٠,٦٩
٤٨	٩٧,١٠	٩٦,٤٩	٩٥,٨٢	٩٥,٠٩	٩٤,٣١	٩٣,٤٧	٩٢,٥٩	٩١,٦٥	٩٠,٦٦
٥٠	٩٧,٠٨	٩٦,٤٧	٩٥,٧٩	٩٥,٠٧	٩٤,٢٨	٩٤,٤٥	٩٢,٥٦	٩١,٦١	٩٠,٦٢
٥٢	٩٧,٠٦	٩٦,٤٥	٩٥,٧٧	٩٥,٠٤	٩٤,٢٦	٩٤,٤٢	٩٢,٥٣	٩١,٥٨	٩٠,٥٩
٥٤	٩٧,٠٤	٩٦,٤٢	٩٦,٧٥	٩٥,٠٢	٩٤,٢٣	٩٣,٣٩	٩٢,٤٩	٩١,٥٥	٩٠,٥٥
٥٦	٩٧,٠٢	٩٦,٤٠	٩٥,٧٢	٩٤,٩٩	٩٤,٢٠	٩٣,٣٦	٩٢,٤٦	٩١,٥٢	٩٠,٥٢
٥٨	٩٧,٠٠	٩٦,٣٨	٩٥,٧٠	٩٤,٩٧	٩٤,١٧	٩٣,٣٣	٩٢,٤٣	٩١,٤٨	٩٠,٤٨
٦٠	٩٦,٩٨	٩٦,٣٦	٩٥,٦٨	٩٤,٩٤	٩٤,١٥	٩٣,٣٠	٩٢,٤٠	٩١,٤٥	٩٠,٤٥

الدرجة / دقيقة	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦
٠٠	٩٠,٤٥	٨٩,٤٠	٨٨,٣٠	٨٧,١٦	٨٥,٩٧	٨٤,٧٣	٨٣,٤٦	٨٢,١٤	٨٠,٧٨
٠٢	٩٠,٤٢	٨٩,٣٦	٨٨,٢٦	٨٧,١٢	٨٥,٩٣	٨٤,٦٩	٨٣,٤١	٨٢,٠٩	٨٠,٧٤
٠٤	٩٠,٣٨	٨٩,٣٣	٨٨,٢٣	٨٧,٠٨	٨٥,٨٩	٨٤,٦٥	٨٣,٣٧	٨٢,٠٥	٨٠,٦٩
٠٦	٩٠,٣٥	٨٩,٢٩	٨٨,١٩	٨٧,٠٤	٨٥,٨٥	٨٤,٦١	٨٣,٣٣	٨٢,٠١	٨٠,٦٥
٠٨	٩٠,٣١	٨٩,٢٦	٨٨,١٥	٨٧,٠٠	٨٥,٨٠	٨٤,٥٧	٨٣,٢٨	٨١,٩٦	٨٠,٦٠
١٠	٩٠,٢٨	٨٩,٢٢	٨٨,١١	٨٦,٩٦	٨٥,٧٦	٨٤,٥٢	٨٣,٢٤	٨١,٩٢	٨٠,٥٥
١٢	٩٠,٢٤	٨٩,١٨	٨٨,٠٨	٨٦,٩٢	٨٥,٧٢	٨٤,٤٨	٨٣,٢٠	٨١,٨٧	٨٠,٥١
١٤	٩٠,٢١	٨٩,١٥	٨٨,٠٤	٨٦,٨٨	٨٥,٦٨	٨٤,٤٤	٨٣,١٥	٨١,٨٣	٨٠,٤٦
١٦	٩٠,١٨	٨٩,١١	٨٨,٠٠	٨٦,٨٤	٨٥,٦٤	٨٤,٤٠	٨٣,١١	٨١,٧٨	٨٠,٤١
١٨	٩٠,١٤	٨٩,٠٨	٨٧,٩٨	٨٦,٨٠	٨٥,٦٠	٨٤,٣٥	٨٣,٠٧	٨١,٧٤	٨٠,٣٧
٢٠	٩٠,١١	٨٩,٠٤	٨٧,٩٣	٨٦,٧٧	٨٥,٥٥	٨٤,٣١	٨٣,٠٢	٨١,٦٩	٨٠,٣٢
٢٢	٩٠,٠٧	٨٩,٠٠	٨٧,٨٩	٨٦,٧٣	٨٥,٥٢	٨٤,٢٧	٨٢,٩٨	٨١,٦٥	٨٠,٢٨
٢٤	٩٠,٠٤	٨٨,٩٦	٨٧,٨٥	٨٦,٦٩	٨٥,٤٨	٨٤,٢٣	٨٢,٩٣	٨١,٦٠	٨٠,٢٣
٢٦	٩٠,٠٠	٨٨,٩٣	٨٧,٨١	٨٦,٦٥	٨٥,٤٤	٨٤,١٨	٨٢,٨٩	٨١,٥٦	٨٠,١٨

٢٨	٨٩,٩٧	٨٨,٨٩	٨٧,٧٧	٨٦,٦١	٨٥,٤٠	٨٤,١٤	٨٢,٨٥	٨١,٥١	٨٠,١٤
٣٠	٨٩,٩٣	٨٨,٨٦	٨٨,٧٤	٨٦,٥٧	٨٥,٣٦	٨٤,١٠	٨٢,٨٠	٨١,٤٧	٨٠,٠٩
٣٢	٨٩,٩٠	٨٨,٨٢	٨٧,٧٠	٨٦,٥٣	٨٥,٣١	٨٤,٠٦	٨٢,٧٦	٨١,٤٢	٨٠,٠٤
٣٤	٨٩,٨٦	٨٨,٧٨	٨٧,٦٦	٨٦,٤٩	٨٥,٢٧	٨٤,٠١	٨٢,٧٢	٨١,٣٨	٨٠,٠٠
٣٦	٨٩,٨٣	٨٨,٧٥	٨٧,٦٢	٨٦,٤٥	٨٥,٢٣	٨٣,٩٧	٨٢,٦٧	٨١,٣٣	٧٩,٩٥
٣٨	٨٩,٧٩	٨٨,٧١	٨٧,٥٨	٨٦,٤١	٨٥,١٩	٨٣,٩٣	٨٢,٦٣	٨١,٢٨	٧٩,٩٠
٤٠	٨٩,٧٦	٨٨,٦٧	٨٧,٥٤	٨٦,٣٧	٨٥,١٥	٨٣,٨٩	٨٢,٥٨	٨١,٢٤	٧٩,٨٥
٤٢	٨٩,٧٢	٨٨,٦٤	٨٧,٥١	٨٦,٣٣	٨٥,١١	٨٣,٨٤	٨٢,٥٤	٨١,١٩	٧٩,٨١
٤٤	٨٩,٦٩	٨٨,٦٠	٨٧,٤٧	٨٦,٢٩	٨٥,٠٧	٨٣,٨٠	٨٢,٤٩	٨١,١٥	٧٩,٧٦
٤٦	٨٩,٦٥	٨٨,٥٦	٨٧,٤٣	٨٦,٢٥	٨٥,٠٢	٨٣,٧٦	٨٢,٤٥	٨١,١٠	٧٩,٧٢
٤٨	٨٩,٦١	٨٨,٥٣	٨٧,٣٩	٨٦,٢١	٨٤,٩٨	٨٣,٧٢	٨٢,٤١	٨١,٠٦	٧٩,٦٧
٥٠	٨٩,٥٨	٨٨,٤٩	٨٧,٣٥	٨٦,١٧	٨٤,٩٤	٨٣,٦٧	٨٢,٣٦	٨١,٠١	٧٩,٦٢
٥٢	٨٩,٥٤	٨٨,٤٥	٨٧,٣١	٨٧,١٣	٨٤,٩٠	٨٣,٦٣	٨٢,٣٢	٨٠,٩٦	٧٩,٥٨
٥٤	٨٩,٥١	٨٨,٤١	٨٧,٢٧	٨٦,٠٩	٨٤,٨٥	٨٣,٥٩	٨٢,٢٧	٨٠,٩٢	٧٩,٥٣
٥٦	٨٩,٤٧	٨٨,٣٨	٨٧,٢٤	٨٦,٠٥	٨٤,٨٢	٨٣,٥٤	٨٢,٢٣	٨٠,٨٧	٧٩,٤٨
٥٨	٨٩,٤٤	٨٨,٣٤	٨٧,٢٠	٨٦,٠١	٨٤,٧٧	٨٣,٥٠	٨٢,١٨	٨٠,٨٣	٧٩,٤٤
٦٠	٨٩,٤٠	٨٨,٣٠	٨٧,١٦	٨٥,٩٧	٨٤,٧٣	٨٣,٤٦	٨٢,١٤	٨٠,٧٨	٧٩,٣٩

الدرجة / الكثافة	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠
٠٠	٧٩,٣٩	٧٧,٩٦	٧٦,٥٠	٧٥,٠٠
٢	٧٩,٣٤	٧٧,٩١	٧٦,٤٥	٧٤,٩٥
٤	٧٩,٣٠	٧٧,٨٦	٧٦,٤٠	٧٤,٩٠
٦	٧٩,٢٥	٧٧,٨١	٧٦,٣٥	٧٤,٨٥
٨	٧٩,٢٠	٧٧,٧٧	٧٦,٣٠	٧٤,٨٠
١٠	٧٩,١٥	٧٧,٧٢	٧٦,٢٥	٧٤,٧٥
١٢	٧٩,١١	٧٧,٦٧	٧٦,٢٠	٧٤,٧٠
١٤	٧٩,٠٦	٧٧,٦٢	٧٦,١٥	٧٤,٦٥
١٦	٧٩,٠١	٧٧,٥٧	٧٦,١٠	٧٤,٦٠
١٨	٧٨,٩٦	٧٧,٥٢	٧٦,٠٥	٧٤,٥٥
٢٠	٧٨,٩٢	٧٧,٤٨	٧٦,٠٠	٧٤,٤٩
٢٢	٧٨,٨٧	٧٧,٤٢	٧٥,٩٥	٧٤,٤٤
٢٤	٧٨,٨٢	٧٧,٣٨	٧٥,٩٠	٧٤,٣٩
٢٦	٧٨,٧٧	٧٧,٣٣	٧٥,٨٥	٧٤,٣٤
٢٨	٧٨,٧٣	٧٧,٢٨	٧٥,٨٠	٧٤,٢٩
٣٠	٧٨,٦٨	٧٧,٢٣	٧٥,٧٥	٧٤,٢٤
٣٢	٧٨,٦٣	٧٧,١٨	٧٥,٧٠	٧٤,١٩
٣٤	٧٨,٥٨	٧٧,١٥	٧٥,٦٥	٧٤,١٤
٣٦	٧٨,٥٤	٧٧,٠٩	٧٥,٦٠	٧٤,٠٩
٣٨	٧٨,٤٩	٧٧,٠٤	٧٥,٥٥	٧٤,٠٤
٤٠	٧٨,٤٤	٧٦,٩٩	٧٥,٥٠	٧٣,٩٩
٤٢	٧٨,٣٩	٧٦,٩٤	٧٥,٤٥	٧٣,٩٥
٤٤	٧٨,٣٤	٧٦,٨٩	٧٥,٤٠	٧٣,٨٨
٤٦	٧٨,٣٠	٧٦,٨٤	٧٥,٣٥	٧٣,٨٣

٤٨	٧٨,٢٥	٧٦,٧٩	٧٥,٣٠	٧٣,٧٨
٥٠	٧٨,٢٠	٧٦,٧٤	٧٥,٢٥	٧٣,٧٣
٥٢	٧٨,١٥	٧٦,٦٩	٧٥,٢٠	٧٣,٦٨
٥٤	٧٨,١٠	٧٦,٦٤	٧٥,١٥	٧٣,٦٣
٥٦	٧٨,٠٦	٧٦,٥٩	٧٥,١٠	٧٣,٥٨
٥٨	٧٨,٠١	٧٦,٥٥	٧٥,٠٥	٧٣,٥٢
٦٠	٧٧,٩٦	٧٦,٥٠	٧٥,٠٠	٧٣,٤٧

ملحق (٢) : جدول حساب فرق المنسوب (ص) بطريقة شعرات الاستاديا

الدرجة / دقيقة	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
٠٠	٠,٠٠	٢,٧٤	٣,٤٩	٥,٢٣	٦,٩٦	٨,٦٨	١٠,٤٠	١٢,١٠	١٣,٧٨
٢	٠,٠٦	١,٨٠	٣,٥٥	٥,٢٨	٧,٠٢	٨,٧٤	١٠,٤٥	١٢,١٥	١٣,٨٤
٤	٠,١٢	١,٨٦	٣,٦٠	٥,٣٤	٧,٠٧	٨,٨٠	١٠,٥١	١٢,٢١	١٣,٨٩
٦	٠,١٧	١,٩٢	٣,٦٦	٥,٤٠	٧,١٣	٨,٨٥	١٠,٥٧	١٢,٢٦	١٣,٩٥
٨	٠,٢٣	١,٩٨	٣,٧٢	٥,٤٦	٧,١٩	٨,٩١	١٠,٦٢	١٢,٣٢	١٤,٠١
١٠	٠,٢٩	٢,٠٤	٣,٧٨	٥,٥٢	٧,٢٥	٨,٩٧	١٠,٦٨	١٢,٣٨	١٤,٠٦
١٢	٠,٣٥	٢,٠٩	٣,٨٤	٥,٥٧	٧,٣٠	٩,٠٣	١٠,٧٤	١٢,٤٥	١٤,١٢
١٤	٠,٤١	٢,١٥	٣,٩٠	٥,٦٣	٧,٣٦	٩,٠٨	١٠,٧٩	١٢,٤٩	١٤,١٧
١٦	٠,٤٧	٢,٢١	٣,٩٥	٥,٦٩	٧,٤٢	٩,١٤	١٠,٨٥	١٢,٥٥	١٤,٢٣
١٨	٠,٥٢	٢,٢٧	٤,٠١	٥,٧٥	٧,٤٨	٩,٢٠	١٠,٩١	١٢,٦٠	١٤,٢٨
٢٠	٠,٥٨	٢,٣٣	٤,٠٧	٥,٨٠	٧,٥٣	٩,٢٥	١٠,٩٦	١٢,٦٦	١٤,٣٤
٢٢	٠,٦٤	٢,٣٨	٤,١٣	٥,٨٦	٧,٥٩	٩,٣١	١١,٠٢	١٢,٧٢	١٤,٤٠
٢٤	٠,٧٠	٢,٤٤	٤,١٨	٥,٩٢	٧,٦٥	٩,٣٧	١١,٠٨	١٢,٧٧	١٤,٤٥
٢٦	٠,٧٦	٢,٥٠	٤,٢٤	٥,٩٨	٧,٧١	٩,٤٣	١١,١٣	١٢,٨٣	١٤,٥١

[illegible]	٠٫٨١	٢٫٥٦	٤٫٣٠	٦٫٠٤	٧٫٧٦	٩٫٤٨	١١٫١٩	١٢٫٨٨	١٤٫٥٦
٣٠	٠٫٨٧	٢٫٦٢	٤٫٣٦	٦٫٠٩	٧٫٨٢	٩٫٥٤	١١٫٢٥	١٢٫٩٤	١٤٫٦٢
٣٢	٠٫٩٣	٢٫٦٧	٤٫٤٢	٦٫١٥	٧٫٨٨	٩٫٦٠	١١٫٣٠	١٣٫٠٠	١٤٫٦٧
٣٤	٠٫٩٩	٢٫٧٣	٤٫٤٨	٦٫٢١	٧٫٩٤	٩٫٦٥	١١٫٣٦	١٣٫٠٥	١٤٫٧٣
٣٦	١٫٠٥	٢٫٧٩	٤٫٥٣	٦٫٢٧	٧٫٩٩	٩٫٧١	١١٫٤٢	١٣٫١١	١٤٫٧٩
٣٨	١٫١١	٢٫٨٥	٤٫٥٩	٦٫٣٣	٨٫٠٥	٩٫٧٧	١١٫٤٧	١٣٫١٧	١٤٫٨٤
٤٠	١٫١٦	٢٫٩١	٤٫٦٥	٦٫٣٨	٨٫١١	٩٫٨٣	١١٫٥٣	١٣٫٢٢	١٤٫٩٠
٤٢	١٫٢٢	٢٫٩٧	٤٫٧١	٦٫٤٤	٨٫١٧	٩٫٨٨	١١٫٥٩	١٣٫٢٨	١٤٫٩٥
٤٤	١٫٢٨	٣٫٠٢	٤٫٧٦	٦٫٥٠	٨٫٢٢	٩٫٩٤	١١٫٦٤	١٣٫٣٣	١٥٫٠١
٤٦	١٫٣٤	٣٫٠٨	٤٫٨٢	٦٫٥٦	٨٫٢٨	١٠٫٠٠	١١٫٧٠	١٣٫٣٩	١٥٫٠٦
٤٨	١٫٤٠	٣٫١٤	٤٫٨٨	٦٫٦١	٨٫٣٤	١٠٫٠٥	١١٫٧٦	١٣٫٤٥	١٥٫١٢
٥٠	١٫٤٥	٣٫٢٠	٤٫٩٤	٦٫٦٧	٨٫٤٠	١٠٫١١	١١٫٨١	١٣٫٥٠	١٥٫١٧
٥٢	١٫٥١	٣٫٢٦	٤٫٩٩	٦٫٧٣	٨٫٤٥	١٠٫١٧	١١٫٨٧	١٣٫٥٦	١٥٫٢٣
٥٤	١٫٥٧	٣٫٣١	٥٫٠٥	٦٫٧٩	٨٫٥١	١٠٫٢٢	١١٫٩٣	١٣٫٦١	١٥٫٢٨
٥٦	١٫٦٣	٣٫٣٧	٥٫١١	٦٫٨٤	٨٫٥٧	١٠٫٢٨	١١٫٩٨	١٣٫٦٧	١٥٫٣٤
٥٨	١٫٦٩	٣٫٤٣	٥٫١٧	٦٫٩٠	٨٫٦٣	١٠٫٣٤	١٢٫٠٤	١٣٫٧٣	١٥٫٤٠
٦٠	١٫٧٤	٣٫٤٩	٥٫٢٣	٦٫٩٦	٨٫٦٨	١٠٫٤٠	١٢٫١٠	١٣٫٧٨	١٥٫٤٥

الدرجة / دقيقة	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧
٠٠	١٥,٤٥	١٧,١٠	١٨,٧٣	٢٠,٣٤	٢١,٩٢	٢٣,٤٧	٢٥,٠٠	٢٦,٥٠	٢٧,٩٦
٢	١٥,٥١	١٧,١٦	١٨,٧٨	٢٠,٣٩	٢١,٩٧	٢٣,٥٢	٢٥,٠٥	٢٦,٥٥	٢٨,٠١
٤	١٥,٥٦	١٧,٢١	١٨,٨٤	٢٠,٤٤	٢٢,٠٢	٢٣,٥٨	٢٥,١٠	٢٦,٥٩	٢٨,٠٦
٦	١٥,٦٢	١٧,٢٦	١٨,٨٩	٢٠,٥٠	٢٢,٠٨	٢٣,٦٣	٢٥,١٥	٢٦,٦٤	٢٨,١٠
٨	١٥,٦٧	١٧,٣٢	١٨,٩٥	٢٠,٥٥	٢٢,١٣	٢٣,٦٨	٢٥,٢٠	٢٦,٦٩	٢٨,١٥
١٠	١٥,٧٣	١٧,٣٧	١٩,٠٠	٢٠,٦٠	٢٢,١٨	٢٣,٧٣	٢٥,٢٥	٢٦,٧٤	٢٨,٢٠
١٢	١٥,٧٨	١٧,٤٣	١٩,٠٥	٢٠,٦٦	٢٢,٢٣	٢٣,٧٨	٢٥,٣٠	٢٦,٧٩	٢٨,٢٥
١٤	١٥,٨٤	١٧,٤٨	١٩,١١	٢٠,٧١	٢٢,٢٨	٢٣,٨٣	٢٥,٣٥	٢٦,٨٤	٢٨,٣٠
١٦	١٥,٨٩	١٧,٥٤	١٩,١٦	٢٠,٧٦	٢٢,٣٤	٢٣,٨٨	٢٥,٤٠	٢٦,٨٩	٢٨,٣٤
١٨	١٥,٩٥	١٧,٥٩	١٩,٢١	٢٠,٨١	٢٢,٣٩	٢٣,٩٣	٢٥,٤٥	٢٦,٩٤	٢٨,٣٩
٢٠	١٦,٠٠	١٧,٦٥	١٩,٢٧	٢٠,٨٧	٢٢,٤٤	٢٣,٩٩	٢٥,٥٠	٢٦,٩٩	٢٨,٤٤
٢٢	١٦,٠٦	١٧,٧٠	١٩,٣٢	٢٠,٩٢	٢٢,٤٩	٢٤,٠٤	٢٥,٥٥	٢٧,٠٤	٢٨,٤٩
٢٤	١٦,١١	١٧,٧٦	١٩,٣٨	٢٠,٩٧	٢٢,٥٤	٢٤,٠٩	٢٥,٦٠	٢٧,٠٩	٢٨,٥٤

٢٦	١٦,١٧	١٧,٨١	١٩,٤٣	٢١,٠٣	٢٢,٦٠	٢٤,١٤	٢٥,٦٥	٢٧,١٣	٢٨,٥٨
٢٨	١٦,٢٢	١٧,٨٦	١٩,٤٨	٢١,٠٨	٢٢,٦٥	٢٤,١٩	٢٥,٧٠	٢٧,١٨	٢٨,٦٣
٣٠	١٦,٢٨	١٧,٩٢	١٩,٥٤	٢١,١٣	٢٢,٧٠	٢٤,٢٤	٢٥,٧٥	٢٧,٢٣	٢٨,٦٨
٣٢	١٦,٣٣	١٧,٩٧	١٩,٥٩	٢١,١٨	٢٢,٧٥	٢٤,٢٩	٢٥,٨٠	٢٧,٢٨	٢٨,٧٣
٣٤	١٦,٣٩	١٨,٠٣	١٩,٦٤	٢١,٢٤	٢٢,٨٠	٢٤,٣٤	٢٥,٨٥	٢٧,٣٣	٢٨,٧٧
٣٦	١٦,٤٤	١٨,٠٨	١٩,٧٠	٢١,٢٩	٢٢,٨٥	٢٤,٣٩	٢٥,٩٠	٢٧,٣٨	٢٨,٨٢
٣٨	١٦,٥٠	١٨,١٤	١٩,٧٥	٢١,٣٤	٢٢,٩١	٢٤,٤٤	٢٥,٩٥	٢٧,٤٣	٢٨,٨٧
٤٠	١٦,٥٥	١٨,١٩	١٩,٨٠	٢١,٣٩	٢٢,٩٦	٢٤,٤٩	٢٦,٠٠	٢٧,٤٨	٢٨,٩٢
٤٢	١٦,٦١	١٨,٢٤	١٩,٨٦	٢١,٤٥	٢٣,٠١	٢٤,٥٥	٢٦,٠٥	٢٧,٥٢	٢٨,٩٦
٤٤	١٦,٦٦	١٨,٣٠	١٩,٩١	٢١,٥٠	٢٣,٠٦	٢٤,٦٠	٢٦,١٠	٢٧ [illegible]	٢٩,٠١
٤٦	١٦,٧٢	١٨,٣٥	١٩,٩٦	٢١,٥٥	٢٣,١١	٢٤,٦٥	٢٦,١٥	٢٧,٦٢	٢٩,٠٦
٤٨	١٦,٧٧	١٨,٤١	٢٠,٠٢	٢١,٦٠	٢٣,١٦	٢٤,٧٠	٢٦,٢٠	٢٧,٦٧	٢٩,١١
٥٠	١٦,٨٣	١٨,٤٦	٢٠,٠٧	٢١,٦٦	٢٣,٢٢	٢٤,٧٥	٢٦,٢٥	٢٧,٧٢	٢٩,١٥
٥٢	١٦,٨٨	١٨,٥١	٢٠,١٢	٢١,٧١	٢٣,٢٧	٢٤,٨٠	٢٦,٣٠	٢٧,٧٧	٢٩,٢٠
٥٤	١٦,٩٣	١٨,٥٧	٢٠,١٨	٢١,٧٦	٢٣,٣٢	٢٤,٨٥	٢٦,٣٥	٢٧,٨١	٢٩,٢٥
٥٦	١٦,٩٩	١٨,٦٢	٢٠,٢٧	٢١,٨١	٢٣,٣٧	٢٤,٩٠	٢٦,٤٠	٢٧,٨٦	٢٩,٣٠
٥٨	١٧,٠٥	١٨,٦٨	٢٠,٢٨	٢١,٨٧	٢٣,٤٢	٢٤,٩٥	٢٦,٤٥	٢٧,٩١	٢٩,٣٤
٦٠	١٧,١٠	١٨,٧٣	٢٠,٣٤	٢١,٩٢	٢٣,٤٧	٢٥,٠٠	٢٦,٥٠	٢٧,٩٦	٢٩,٣٩

الدرجة / دقيقة	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦
٠٠	٢٩,٣٩	٣٠,٧٨	٣٢,١٤	٣٣,٤٦	٣٤,٧٣	٣٥,٩٧	٣٧,١٩	٣٨,٣٠	٣٩,٤٠
٢	٢٩,٤٤	٣٠,٨٣	٣٢,١٨	٣٣,٥٠	٣٤,٧٧	٣٦,٠١	٣٧,٢٠	٣٨,٣٤	٣٩,٤٤
٤	٢٩,٤٨	٣٠,٨٧	٣٢,٢٣	٣٣,٥٤	٣٤,٨٢	٣٦,٠٥	٣٧,٢٣	٣٨,٣٨	٣٩,٤٧
٦	٢٩,٥٣	٣٠,٩٢	٣٢,٢٧	٣٣,٥٩	٣٤,٨٦	٣٦,٠٩	٣٧,٢٧	٣٨,٤١	٣٩,٥١
٨	٢٩,٥٨	٣٠,٩٧	٣٢,٣٢	٣٣,٦٣	٣٤,٩٠	٣٦,١٣	٣٧,٣١	٣٨,٤٥	٣٩,٥٤
١٠	٢٩,٦٢	٣١,٠١	٣٢,٣٦	٣٣,٦٧	٣٤,٩٤	٣٦,١٧	٣٧,٣٥	٣٨,٤٩	٣٩,٥٨
١٢	٢٩,٦٧	٣١,٠٦	٣٢,٤١	٣٣,٧٢	٣٤,٩٨	٣٦,٢١	٣٧,٣٩	٣٨,٥٣	٣٩,٦١
١٤	٢٩,٧٢	٣١,١٠	٣٢,٤٥	٣٣,٧٦	٣٥,٠٢	٣٦,٢٥	٣٧,٤٣	٣٨,٥٦	٣٩,٦٥
١٦	٢٩,٧٦	٣١,١٥	٣٢,٤٩	٣٣,٨٠	٣٥,٠٧	٣٦,٢٩	٣٧,٤٧	٣٨,٦٠	٣٩,٦٩
١٨	٢٩,٨١	٣١,١٩	٣٢,٥٤	٣٣,٨٤	٣٥,١١	٣٦,٣٣	٣٧,٥١	٣٨,٦٤	٣٩,٧٢
٢٠	٢٩,٨٦	٣١,٢٤	٣٢,٥٨	٣٣,٨٩	٣٥,١٥	٣٦,٣٧	٣٧,٥٤	٣٨,٦٧	٣٩,٧٦
٢٢	٢٩,٩٠	٣١,٢٨	٣٢,٦٣	٣٣,٩٣	٣٥,١٩	٣٦,٤١	٣٧,٥٨	٣٨,٧١	٣٩,٧٩
٢٤	٢٩,٩٥	٣١,٣٣	٣٢,٦٧	٣٣,٩٧	٣٥,٢٣	٣٦,٤٥	٣٧,٦٢	٣٨,٧٥	٣٩,٨٣
٢٦	٣٠,٠٠	٣١,٣٨	٣٢,٧٢	٣٤,٠١	٣٥,٢٧	٣٦,٤٩	٣٧,٦٦	٣٨,٧٨	٣٩,٨٦
٢٨	٣٠,٠٤	٣١,٤٢	٣٢,٧٦	٣٤,٠٦	٣٥,٣١	[illegible]	٣٧,٧٠	٣٨,٨٢	٣٩,٩٠

٣٠	٣٠,٠٩	٣١,٤٧	٣٢,٨٠	٣٤,١٠	٣٥,٣٦	٣٦,٥٧	٣٧,٧٤	٣٨,٨٥	٣٩,٩٣
٣٢	٣٠,١٤	٣١,٥١	٣٢,٨٥	٣٤,١٤	٣٥,٤٠	٣٦,٦١	٣٧,٧٧	٣٨,٨٩	٣٩,٩٧
٣٤	٣٠,١٩	٣١,٥٦	٣٢,٨٩	٣٤,١٨	٣٥,٤٤	٣٦,٦٥	٣٧,٨١	٣٨,٩٣	٤٠,٠٠
٣٦	٣٠,٢٣	٣١,٦٠	٣٢,٩٣	٣٤,٢٣	٣٥,٤٨	٣٦,٦٩	٣٧,٨٥	٣٨,٩٧	٤٠,٠٤
٣٨	٣٠,٢٨	٣١,٦٥	٣٢,٩٨	٣٤,٢٧	٣٥,٥٢	٣٦,٧٣	٣٧,٨٩	٣٩,٠٠	٤٠,٠٧
٤٠	٣٠,٣٢	٣١,٦٩	٣٣,٠٢	٣٤,٣١	٣٥,٥٦	٣٦,٧٧	٣٧,٩٣	٣٩,٠٤	٤٠,١١
٤٢	٣٠,٣٧	٣١,٧٤	٣٣,٠٧	٣٤,٣٥	٣٥,٦٠	٣٦,٨٠	٣٧,٩٦	٣٩,٠٨	٤٠,١٤
٤٤	٣٠,٤١	٣١,٧٨	٣٣,١١	٣٤,٤٠	٣٥,٦٤	٣٦,٨٤	٣٨,٠٠	٣٩,١١	٤٠,١٨
٤٦	٣٠,٤٦	٣١,٨٣	٣٣,١٥	٣٤,٤٤	٣٥,٦٨	٣٦,٨٨	٣٨,٠٤	٣٩,١٥	٤٠,٢١
٤٨	٣٠,٥١	٣١,٨٧	٣٣,٢٠	٣٤,٤٨	٣٥,٧٢	٣٦,٩٢	٣٨,٠٨	٣٩,١٨	٤٠,٢٤
٥٠	٣٠,٥٥	٣١,٩٢	٣٣,٢٤	٣٤,٥٢	٣٥,٧٦	٣٦,٩٦	٣٨,١١	٣٩,٢٢	٤٠,٢٨
٥٢	٣٠,٦٠	٣١,٩٦	٣٣,٢٨	٣٤,٥٧	٣٥,٨٠	٣٧,٠٠	٣٨,١٥	٣٩,٢٦	٤٠,٣١
٥٤	٣٠,٦٥	٣٢,٠١	٣٣,٣٣	٣٤,٦١	٣٥,٨٥	٣٧,٠٤	٣٨,١٩	٣٩,٣٠	٤٠,٣٥
٥٦	٣٠,٦٩	٣٢,٠٥	٣٣,٣٧	٣٤,٦٥	٣٥,٨٩	٣٧,٠٨	٣٨,٢٣	٣٩,٣٣	٤٠,٣٨
٥٨	٣٠,٧٤	٣٢,٠٩	٣٣,٤١	٣٤,٦٩	٣٥,٩٣	٣٧,١٢	٣٨,٢٦	٣٩,٣٦	٤٠,٤٢
٦٠	٣٠,٧٨	٣٢,١٤	٣٣,٤٦	٣٤,٧٣	٣٥,٩٧	٣٧,١٦	٣٨,٣٠	٣٩,٤٠	٤٠,٤٥

الدرجة / دقيقة	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥
٠٠	٤٠,٤٥	٤١,٤٥	٤٢,٤٠	٤٣,٣٠	٤٤,١٥	٤٤,٩٤	٤٥,٦٨	٤٦,٣٦	٤٦,٩٨
٢	٤٠,٤٩	٤١,٤٨	٤٢,٤٣	٤٣,٣٣	٤٤,١٧	٤٤,٩٦	٤٥,٧٠	٤٦,٣٨	٤٧,٠٠
٤	٤٠,٥٢	٤١,٥٢	٤٢,٤٦	٤٣,٣٦	٤٤,٢٠	٤٤,٩٩	٤٥,٧٢	٤٦,٤٠	٤٧,٠٢
٦	٤٠,٥٥	٤١,٥٥	٤٢,٤٩	٤٣,٣٩	٤٤,٢٣	٤٥,٠٢	٤٥,٧٥	٤٦,٤٢	٤٧,٠٤
٨	٤٠,٥٩	٤١,٥٨	٤٢,٥٣	٤٣,٤٢	٤٤,٢٦	٤٥,٠٤	٤٥,٧٧	٤٦,٤٥	٤٧,٠٦
١٠	٤٠,٦٢	٤١,٦١	٤٢,٥٦	٤٣,٤٥	٤٤,٢٨	٤٥,٠٧	٤٥,٨٠	٤٦,٤٧	٤٧,٠٨
١٢	٤٠,٦٦	٤١,٦٥	٤٢,٥٩	٤٣,٤٧	٤٤,٣١	٤٥,٠٩	٤٥,٨٢	٤٦,٤٩	٤٧,١٠
١٤	٤٠,٦٩	٤١,٦٨	٤٢,٦٢	٤٣,٥٠	٤٤,٣٤	٤٥,١٢	٤٥,٨٤	٤٦,٥١	٤٧,١٢
١٦	٤٠,٧٢	٤١,٧١	٤٢,٦٥	٤٣,٥٣	٤٤,٣٦	٤٥,١٤	٤٥,٨٦	٤٦,٥٣	٤٧,١٤
١٨	٤٠,٧٦	٤١,٧٤	٤٢,٦٨	٤٣,٥٦	٤٤,٣٩	٤٥,١٦	٤٥,٨٩	٤٦,٥٥	٤٧,١٦
٢٠	٤٠,٧٩	٤١,٧٧	٤٢,٧١	٤٣,٥٩	٤٤,٤٢	٤٥,١٩	٤٥,٩١	٤٦,٥٧	٤٧,١٨
٢٢	٤٠,٨٠	٤١,٨١	٤٢,٧٤	٤٣,٦٢	٤٤,٤٤	٤٥,٢٢	٤٥,٩٣	٤٦,٦٠	٤٧,٢٠
٢٤	٤٠,٨٦	٤١,٨٤	٤٢,٧٧	٤٣,٦٥	٤٤,٤٧	٤٥,٢٤	٤٥,٩٦	٤٦,٦٢	٤٧,٢٢
٢٦	٤٠,٨٩	٤١,٨٧	٤٢,٨٠	٤٣,٦٧	٤٤,٥٠	٤٥,٢٧	٤٥,٩٨	٤٦,٦٤	٤٧,٢٤
٢٨	٤٠,٩٢	٤١,٩٠	٤٢,٨٣	٤٣,٧٠	٤٤,٥٢	٤٥,٢٩	٤٦,٠٠	٤٦,٦٦	٤٧,٢٦

٣٠	٤٠,٩٦	٤١,٩٣	٤٢,٨٦	٤٣,٧٣	٤٤,٥٥	٤٥,٣٢	٤٦,٠٣	٤٦,٦٨	٤٧,٢٨
٣٢	٤٠,٩٩	٤١,٩٧	٤٢,٨٩	٤٣,٧٦	٤٤,٥٨	٤٥,٣٤	٤٦,٠٥	٤٦,٧٠	٤٧,٣٠
٣٤	٤١,٠٢	٤٢,٠٠	٤٢,٩٢	٤٣,٧٩	٤٤,٦٠	٤٥,٣٦	٤٦,٠٧	٤٦,٧٢	٤٧,٣١
٣٦	٤١,٠٦	٤٢,٠٣	٤٢,٩٥	٤٣,٨٢	٤٤,٦٣	٤٥,٣٩	٤٦,٠٩	٤٦,٧٤	٤٧,٣٣
٣٨	٤١,٠٩	٤٢,٠٦	٤٢,٩٨	٤٣,٨٤	٤٤,٦٦	٤٥,٤١	٤٦,١٢	٤٦,٧٦	٤٧,٣٥
٤٠	٤١,١٢	٤٢,٠٩	٤٣,٠١	٤٣,٨٧	٤٤,٦٨	٤٥,٤٤	٤٦,١٤	٤٦,٧٨	٤٧,٣٧
٤٢	٤١,١٦	٤٢,١٢	٤٣,٠٤	٤٣,٩٠	٤٤,٧١	٤٥,٤٦	٤٦,١٦	٤٦,٨٠	٤٧,٣٩
٤٤	٤١,١٩	٤٢,١٥	٤٣,٠٧	٤٣,٩٣	٤٤,٧٤	٤٥,٤٩	٤٦,١٨	٤٦,٨٢	٤٧,٤١
٤٦	٤١,٢٢	٤٢,١٩	٤٣,١٠	٤٣,٩٥	٤٤,٧٦	٤٥,٥١	٤٦,٢١	٤٦,٨٤	٤٧,٤٣
٤٨	٤١,٢٤	٤٢,٢٢	٤٣,١٣	٤٣,٩٨	٤٤,٧٩	٤٥,٥٣	٤٦,٢٣	٤٦,٨٦	٤٧,٤٤
٥٠	٤١,٢٩	٤٢,٢٥	٤٣,١٦	٤٤,٠١	٤٤,٨١	٤٥,٥٦	٤٦,٢٥	٤٦,٨٨	٤٧,٤٦
٥٢	٤١,٣٢	٤٢,٢٨	٤٣,١٨	٤٤,٠٤	٤٤,٨٤	٤٥,٥٨	٤٦,٢٧	٤٦,٩٠	٤٧,٤٨
٥٤	٤١,٣٥	٤٢,٣١	٤٣,٢١	٤٤,٠٧	٤٤,٨٦	٤٥,٦١	٤٦,٢٩	٤٦,٩٢	٤٧,٥٠
٥٦	٤١,٣٩	٤٢,٣٤	٤٣,٢٤	٤٤,٠٩	٤٤,٨٩	٤٥,٦٣	٤٦,٣٢	٤٦,٩٤	٤٧,٥٢
٥٨	٤١,٤٢	٤٢,٣٧	٤٣,٢٧	٤٤,١٢	٤٤,٩١	٤٥,٦٥	٤٦,٣٤	٤٦,٩٦	٤٧,٥٤
٦٠	٤١,٤٥	٤٢,٤٠	٤٣,٣٠	٤٤,١٥	٤٤,٩٤	٤٥,٦٨	٤٦,٣٦	٤٦,٩٨	٤٧,٥٥

الدرجة / دقيقة	٣٦	٣٧	٣٨	٣٩
٠٠	٤٧,٥٥	٤٨,٠٦	٤٨,٥٢	٤٨,٩١
٢	٤٧,٥٧	٤٨,٠٨	٤٨,٥٣	٤٨,٩٢
٤	٤٧,٥٩	٤٨,١٠	٤٨,٥٤	٤٨,٩٣
٦	٤٧,٦١	٤٨,١١	٤٨,٥٦	٤٨,٩٤
٨	٤٧,٦٢	٤٨,١٣	٤٨,٥٧	٤٨,٩٦
١٠	٤٧,٦٤	٤٨,١٤	٤٨,٥٨	٤٨,٩٧
١٢	٤٧,٦٦	٤٨,١٦	٤٨,٦٠	٤٨,٩٨
١٤	٤٧,٦٨	٤٨,١٧	٤٨,٦١	٤٨,٩٩
١٦	٤٧,٦٩	٤٨,١٩	٤٨,٦٣	٤٩,٠٠
١٨	٤٧,٧١	٤٨,٢١	٤٨,٦٤	٤٩,٠١
٢٠	٤٧,٧٣	٤٨,٢٢	٤٨,٦٥	٤٩,٠٣
٢٢	٤٧,٧٥	٤٨,٢٤	٤٨,٦٧	٤٩,٠٤
٢٤	٤٧,٧٦	٤٨,٢٥	٤٨,٦٨	٤٩,٠٥
٢٦	٤٧,٧٨	٤٨,٢٧	٤٨,٦٩	٤٩,٠٦
٢٨	٤٧,٨٠	٤٨,٢٨	٤٨,٧١	٤٩,٠٧
٣٠	٤٧,٨٢	٤٨,٣٠	٤٨,٧٢	٤٩,٠٨
٣٢	٤٧,٨٣	٤٨,٣١	٤٨,٧٣	٤٩,٠٩
٣٤	٤٧,٨٥	٤٨,٣٣	٤٨,٧٤	٤٩,١٠
٣٦	٤٧,٨٧	٤٨,٣٤	٤٨,٧٦	٤٩,١١
٣٨	٤٧,٨٨	٤٨,٣٦	٤٨,٧٧	٤٩,١٣
٤٠	٤٧,٩٠	٤٨,٣٧	٤٨,٧٨	٤٩,١٤
٤٢	٤٧,٩٢	٤٨,٣٩	٤٨,٨٠	٤٩,١٥

٤٤	٤٧,٩٣	٤٨,٤٠	٤٨,٨١	٤٩,١٦
٤٦	٤٧,٩٥	٤٨,٤١	٤٨,٨٢	٤٩,١٧
٤٨	٤٧,٩٧	٤٨,٤٣	٤٨,٨٣	٤٩,١٨
٥٠	٤٧,٩٨	٤٨,٤٤	٤٨,٨٥	٤٩,١٩
٥٢	٤٨,٠٠	٤٨,٤٦	٤٨,٨٦	٤٩,٢٠
٥٤	٤٨,٠١	٤٨,٤٧	٤٨,٨٧	٤٩,٢١
٥٦	٤٨,٠٣	٤٨,٤٩	٤٨,٨٨	٤٩,٢٢
٥٨	٤٨,٠٥	٤٨,٥٠	٤٨,٩٠	٤٩,٢٣
٦٠	٤٨,٠٦	٤٨,٥٢	٤٨,٩١	٤٩,٢٤

ملحق (٣) : العلاقة بين درجات الانحدار ومعدلات الانحدار

الانحدار بالدرجات	معدل الانحدار ٪	الانحدار بالدرجات	معدل الانحدار ٪	الانحدار بالدرجات	معدل الانحدار ٪
صفر	صفر	٢١	٣٨,٣٩	٤٢	٩٠,٠٤
١	١,٧٥	٢٢	٤٠,٤٠	٤٣	٩٣,٢٥
٢	٣,٤٩	٢٣	٤٢,٤٥	٤٤	٩٦,٥٧
٣	٥,٢٤	٢٤	٤٤,٥٢	٤٥	١٠٠,٠٠
٤	٦,٩٩	٢٥	٤٦,٦٣	٤٦	١٠٣,٥٥
٥	٨,٧٥	٢٦	٤٨,٨٠	٤٧	١٠٧,٢٤
٦	١٠,٥١	٢٧	٥٠,٩٥	٤٨	١١١,٠٦
٧	١٢,٢٨	٢٨	٥٣,١٧	٤٩	١١٥,٠٤
٨	١٤,٠٥	٢٩	٥٥,٤٣	٥٠	١١٩,١٨
٩	١٥,٨٤	٣٠	٥٧,٧٤	٥١	١٢٣,٤٩
١٠	١٧,٦٣	٣١	٦٠,٠٩	٥٢	١٢٧,٩٩
١١	١٩,٤٤	٣٢	٦٢,٤٩	٥٣	١٣٢,٧٠
١٢	٢١,٢٦	٣٣	٦٤,٩٤	٥٤	١٣٧,٦٤
١٣	٢٣,٠٩	٣٤	٦٧,٤٥	٥٥	١٤٢,٨١
١٤	٢٤,٩٣	٣٥	٧٠,٠٢	٥٦	١٤٨,٢٦
١٥	٢٦,٧٩	٣٦	٧٢,٦٥	٥٧	١٥٣,٩٩
١٦	٢٨,٦٧	٣٧	٧٣,٣٦	٥٨	١٦٠,٠٣
١٧	٣٠,٥٧	٣٨	٧٨,١٣	٥٩	١٦٦,٤٣
١٨	٣٢,٤٩	٣٩	٨٠,٩٨	٦٠	١٧٣,٢١
١٩	٣٤,٤٣	٤٠	٨٣,٩١	٦١	١٨٠,٤٠
٢٠	٣٦,٤٠	٤١	٨٦,٩٣	٦٢	١٨٨,٠٧

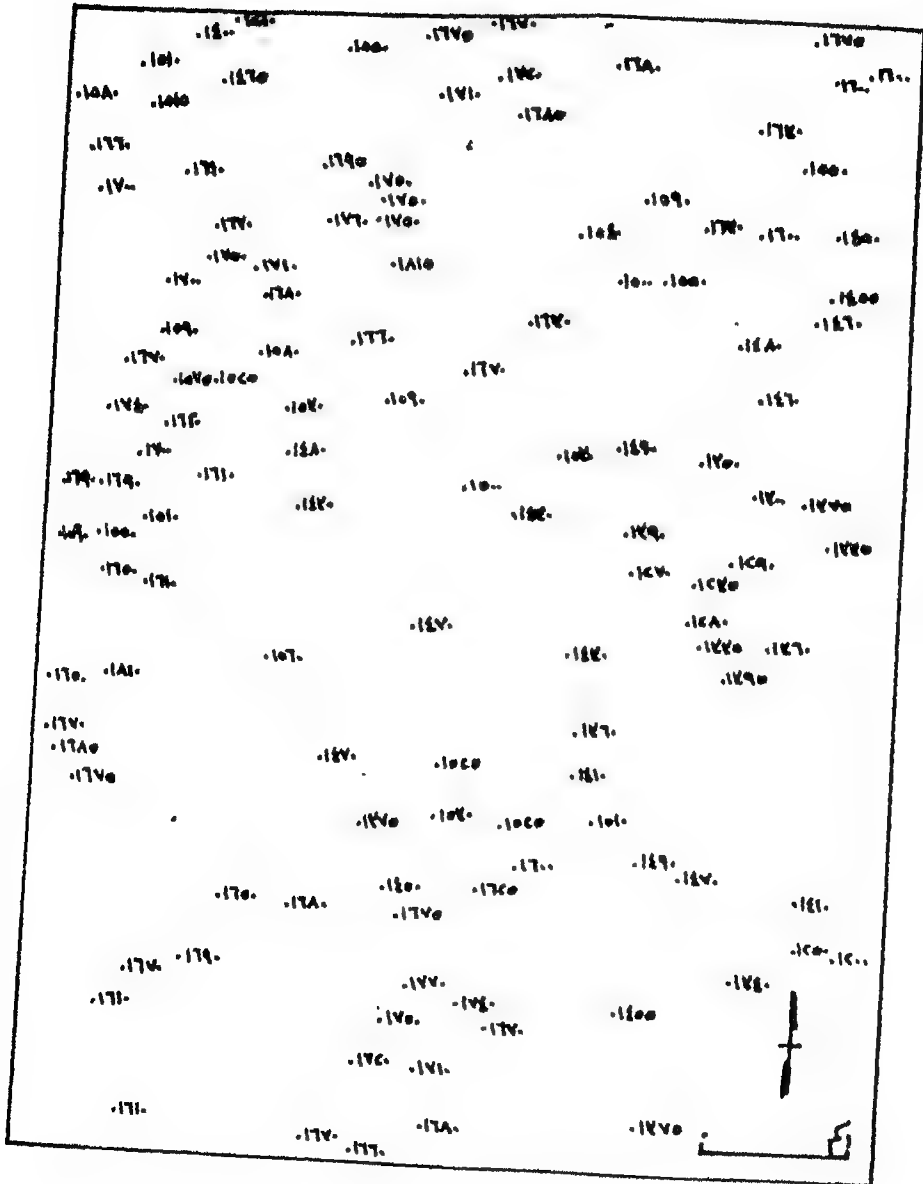
(تابع) ملحق (٣) : العلاقة بين درجات الانحدار ومعدلات الانحدار

الانحدار بالدرجات	معدل الانحدار ٪	الانحدار بالدرجات	معدل الانحدار ٪	الانحدار بالدرجات	معدل الانحدار ٪
٦٣	١٩٦,٢٦	٧٣	٣٠٧,٧٧	٨٣	٨١٤,٤٣
٦٤	٢٠٥,٠٣	٧٤	٣٢٧,٠٩	٨٤	٩٥١,٤٤
٦٥	٢١٤,٤٥	٧٥	٣٤٨,٧٤	٨٥	١١٤٣,٠١
٦٦	٢٢٤,٦٠	٧٦	٣٧٣,٢١	٨٦	١٤٣٠,٠٧
٦٧	٢٣٥,٥٩	٧٧	٤٠١,٠٨	٨٧	١٩٠٨,١١
٦٨	٢٤٧,٥١٠	٧٨	٤٣٣,١٥	٨٨	٢٨٦٣,٦٣
٦٩	٢٦٠,٥١	٧٩	٤٧٠,٤٦	٨٩	٥٧٢٩,٠٠
٧٠	٢٧٤,٧٥	٨٠	٥١٤,٤٦	٩٠	ما لانهاية
٧١	٢٩٠,٤٢	٨١	٥٦٧,١٣		
٧٢	٣٠٧,٧٧	٨٢	٦٣١,٣٨		

ملحق
التمرينات التطبيقية

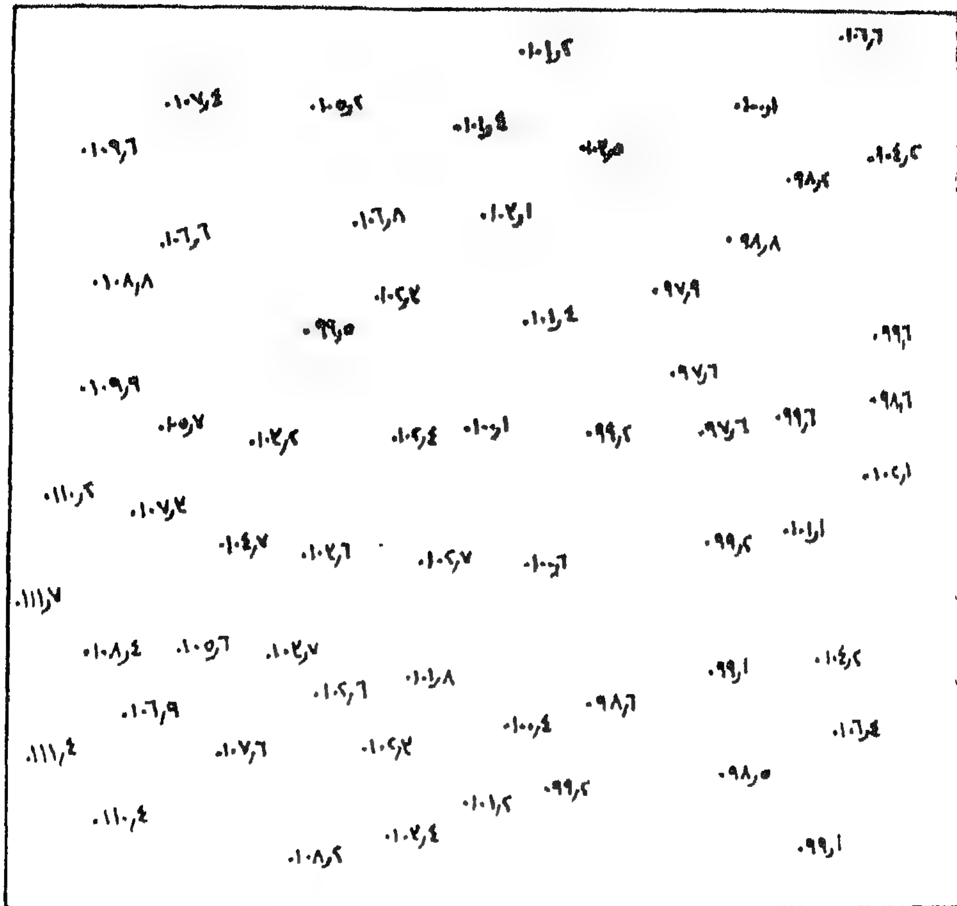
تمرين رقم (١) :

ارسم خطوط الكنتور التى تبين شكل سطح الأرض فى المنطقة التى تمثلها لوحة المناسيب بفاصل كنتورى قدره ١٠٠م.



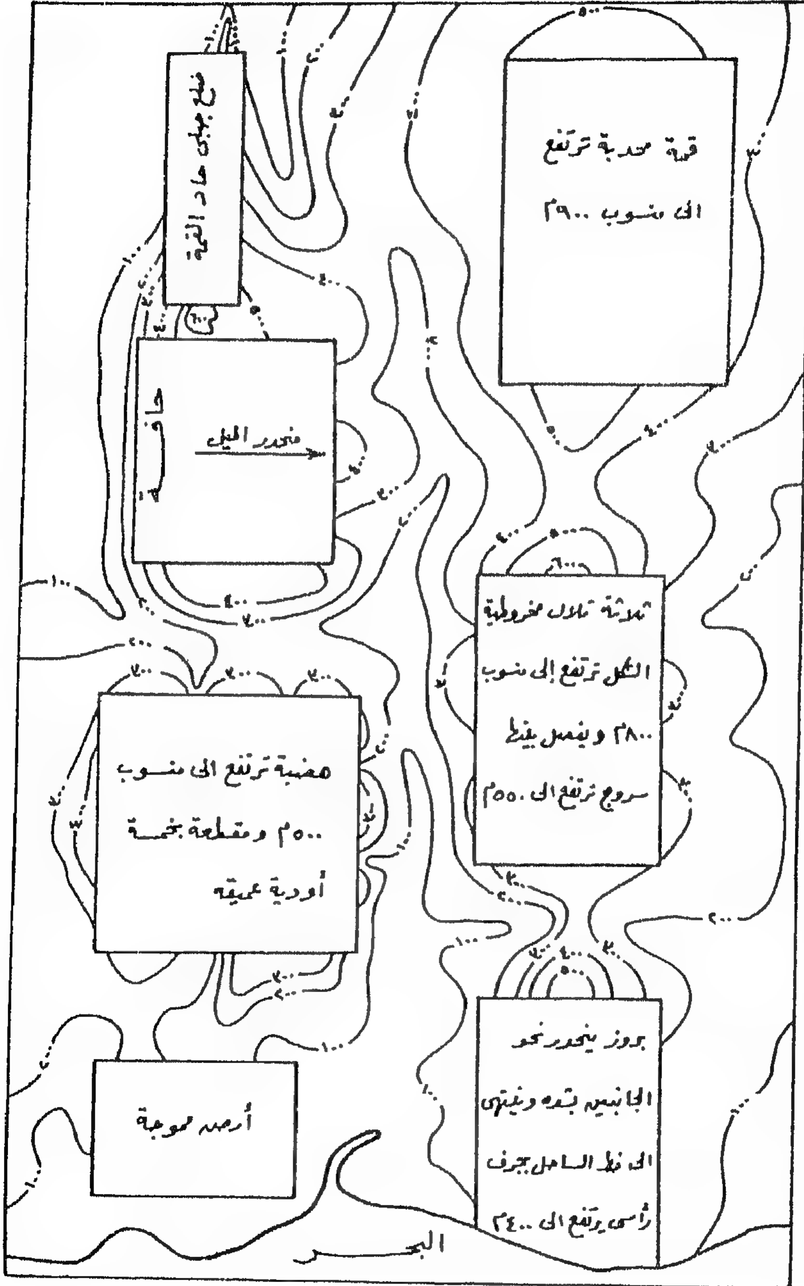
تمرين رقم (٢) :

تبين لوحة المناسيب التالية مناسيب سطح الأرض من واقع ميزانية كنتورية أجريت للمنطقة، والمطلوب رسم خطوط الكنتور بفاصل كنتورى قدره متراً واحداً.



تمرين رقم (٣) :

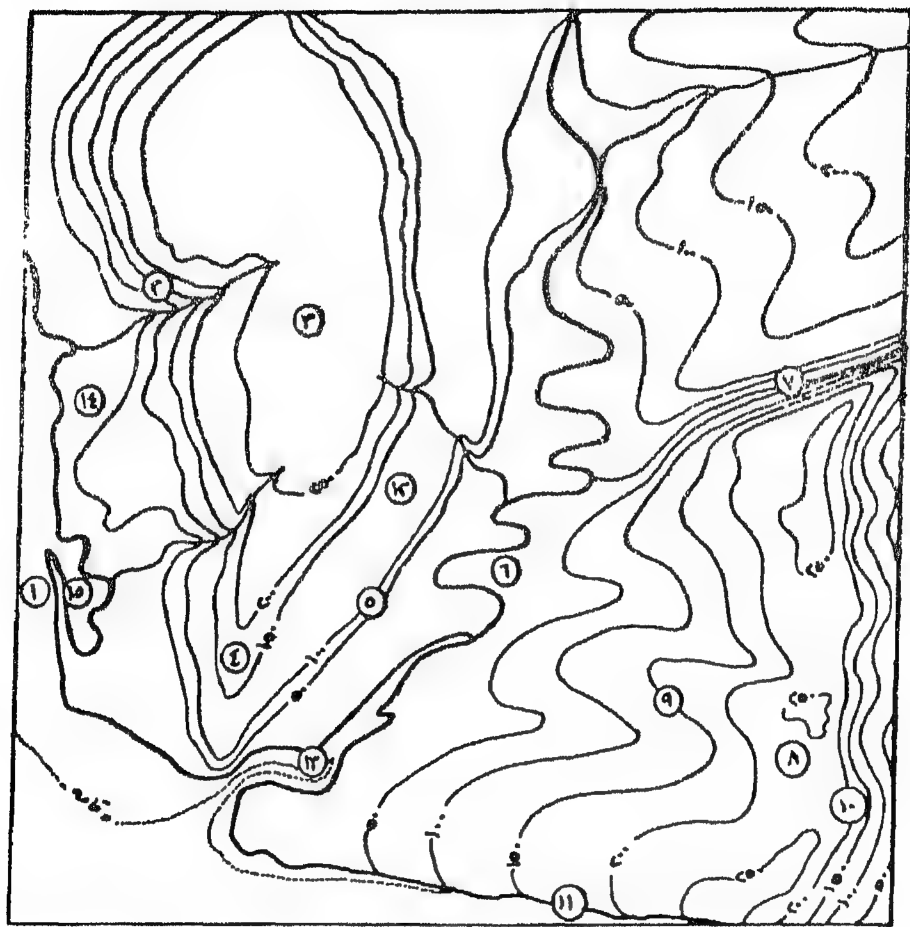
أكمل الخريطة الكنتورية التالية لتبين الظاهرات الجيومورفولوجية الموضحة داخل المستطيلات.



تمرين رقم (٤) :

تبين الأرقام من ١ إلى ١٥ على الخريطة الظاهرات المسجلة فى القائمة التالية ولكنها ليست بنفس الترتيب، والمطلوب إعادة ترتيب القائمة طبقاً لتسلسل أرقام الظاهرات على الخريطة.

١ – سهل فيضى متسع	Broad, flat - bottomed valley
٢ – أنف أو محور كويستا	Nose or crest of an escarpment
٣ – مصب خليجى	Estuare
٤ – لسان بحرى	Sand spit
٥ – هضبة	Plateau
٦ – وادى نهرى ضيق عميق	Deep, narrow, steep - sided, V - shaped valley
٧ – واجهة مصطبة	Bluff
٨ – منحدر الميل أو ظهر الكويستا	Dip - slope or back of an escarpment
٩ – لاجون (بحيرة ساحلية)	Lagoon
١٠ – مصطبة	Terrace
١١ – بروز هضبى	Steep - sided, plateau spur
١٢ – سهل ساحلى	Coastal plain
١٣ – مجرى نهرى سريع الجريان فى قطاعه الأوسط	River Flows Fastest in its middle course
١٤ – واجهة الكويستا	Escarpment slope "Face"
١٥ – جرف بحرى رأسى	Vertical marine cliff



٢
٣
١٤
١٥
١
١٣
٤
٥
٦
١٢
٧
٩
٨
١٠
١١

تمرين رقم (٥) :

ادرس الخريطة الكنتورية التالية، وتعرف على مايأتى :

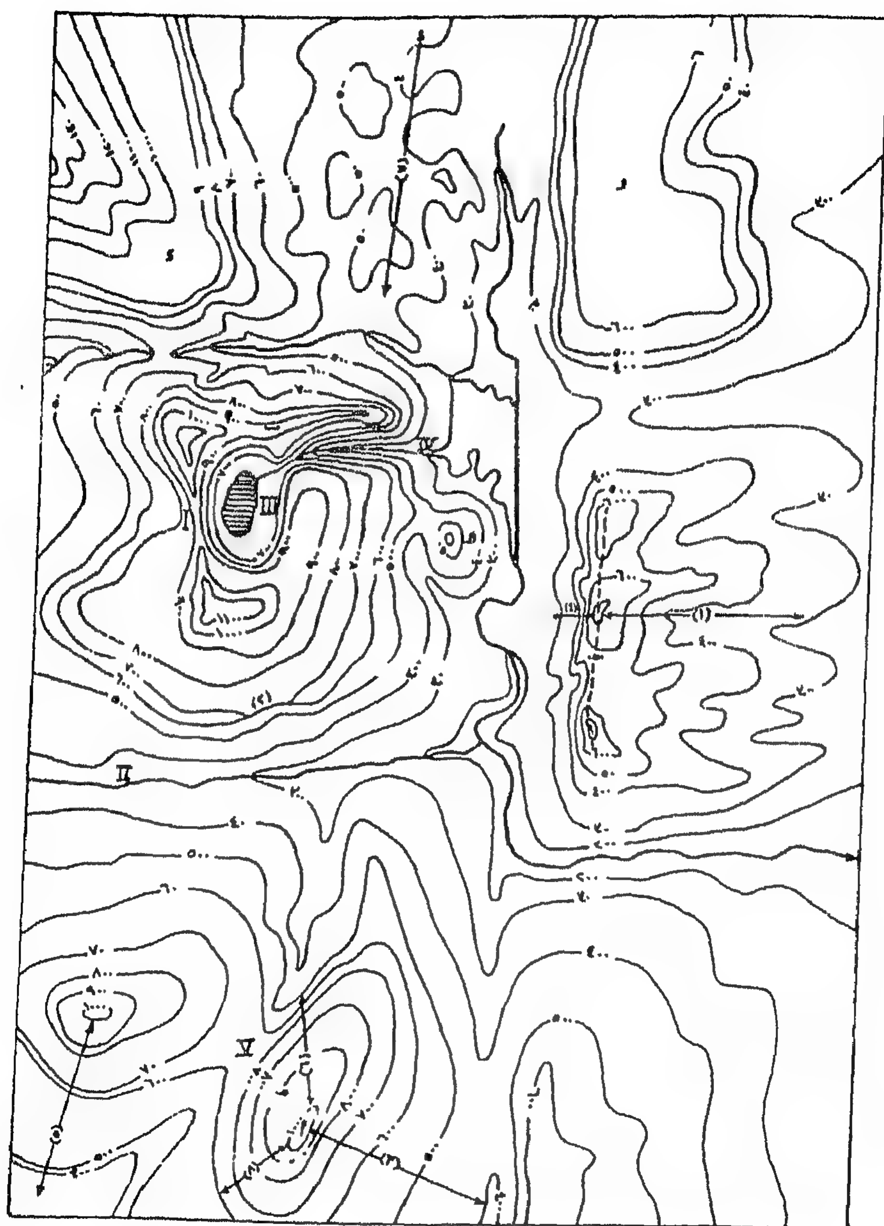
١ - أنواع المنحدرات من ١ إلى ٨ .

٢ - أنواع الأودية والمنخفضات من I إلى V .

٣ - أنواع المناطق المرتفعة من أ إلى و.

٤ - أى ظاهرات جيومورفولوجية أخرى.

٥ - أكمل بقية المجارى المائية على الخريطة.



تمرين رقم (٦):

أدرس الخريطة الكنتورية التالية والتى رسمت بفاصل كنتورى قدره ١٠٠ متراً، ثم أجب عما يأتى :

١ – ارسم المجرى النهرى الذى ينتهى إلى البحر عند النقطة (أ) وروافده الرئيسية.

٢ – ماهو منسوب أعلى نقطة فى الجزيرة ؟ حدد تلك النقطة على الخريطة.

٣ – احسب مقياس رسم الخريطة بالتقريب، واشرح الخطوات التى اتبعتها.

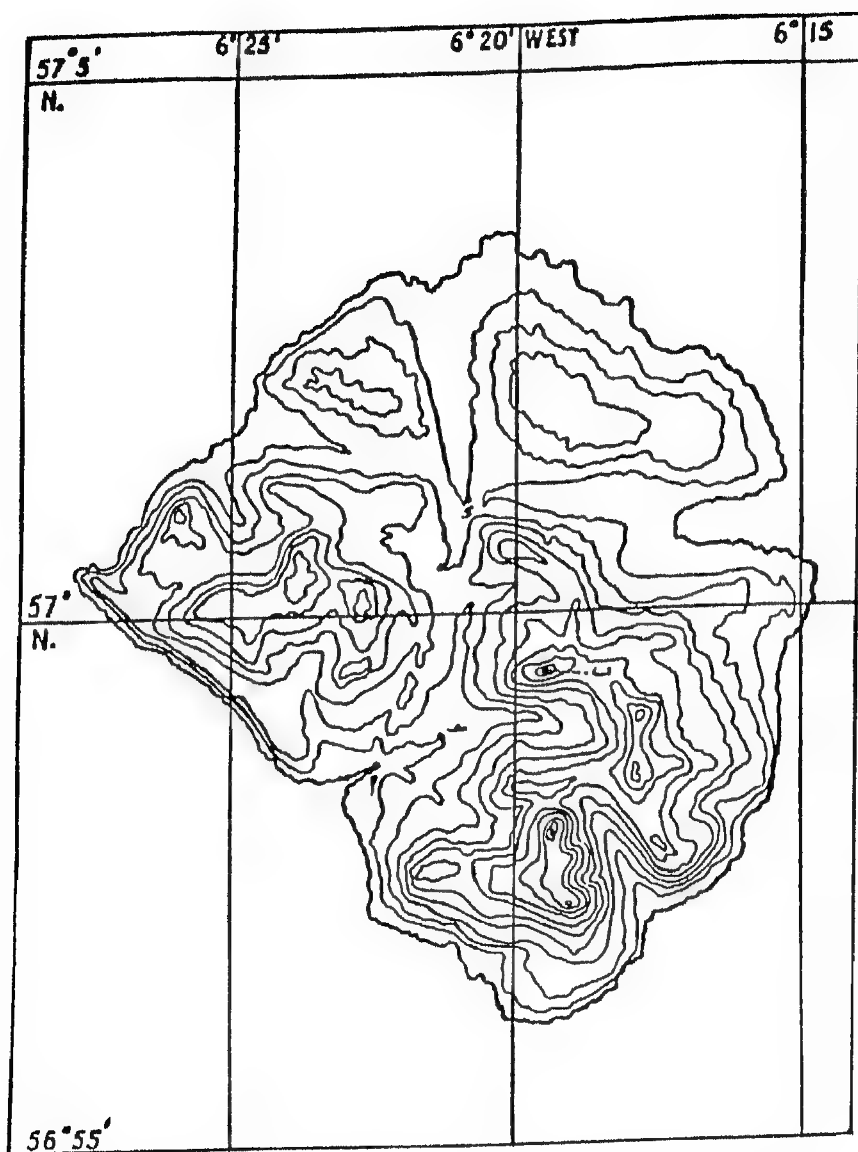
٤ – احسب متوسط درجة الإنحدار على طول الخط ب جـ ، ماهو نوع المنحدر ؟

٥ – ارسم شبكة التصريف المائى التى تشق أرض الجزيرة.

٦ – اكتب وصفاً جيومورفولوجياً مختصراً للأودية الرئيسية بالجزيرة ودعمه بالقطاعات العرضية والطولية المناسبة.

٧ – قارن بين المظهر التضاريسى عند النقطة (جـ) ، والمظهر التضاريسى عند النقطة (د) فى مجال رؤية نحو الشرق عند كل منهما.

٨ – إذا قمت برحلة بحرية حول الجزيرة فما هى الملامح الجيومورفولوجية لسواحلها ؟


57° 5'
N.
6° 25'
6° 20' WEST
6° 15
57°
N.
56° 55'

تمرين رقم (٧):

رسمت الخريطة الكنتورية التالية بفارق رأسى قدره ١٠٠ متراً حتى منسوب ٢٠٠ متراً، وبفارق رأسى قدره ٢٠٠ متراً بعد ذلك، والمطلوب :

١ - ظلل المناطق المحصورة بين منسوب ٨٠٠ م ومنسوب، ١٠٠٠ م.

٢ - أكمل شبكة التصريف المائى للمجرى النهرى الذى يظهر جزء منه عند (أ).

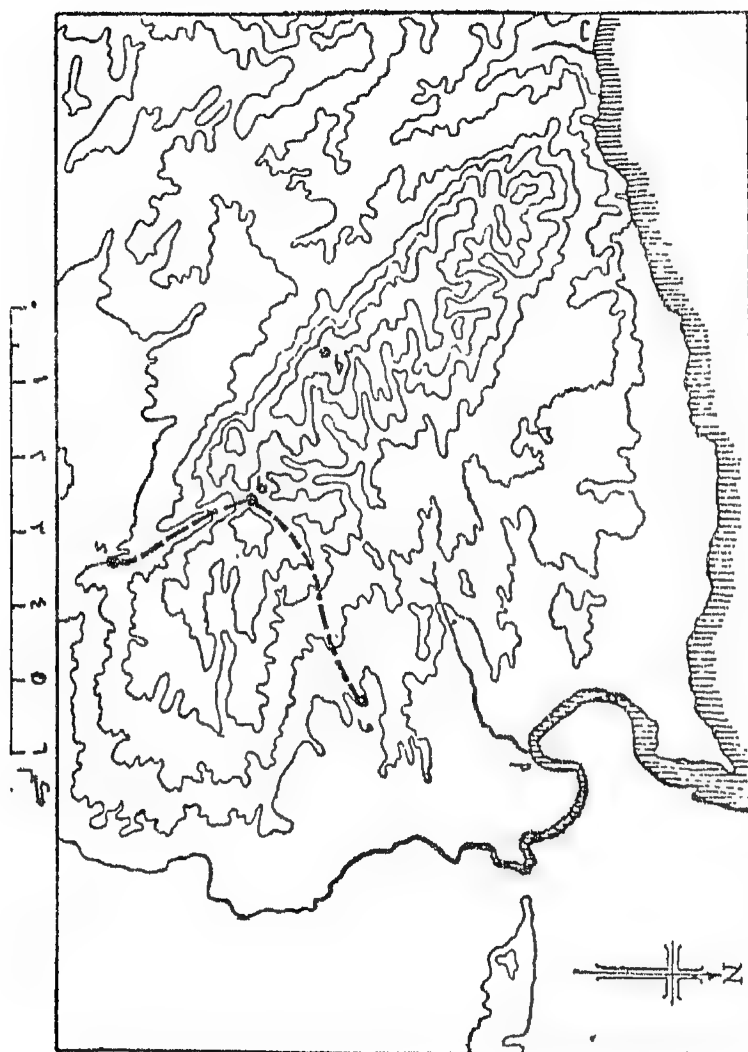
٣ - حدد على الخريطة خط تقسيم المياه الذى يفصل حوض النهر الذى يظهر جزء منه عند (ب) عن الأحواض المجاورة.

٤ - قارن بين المظهر التضاريسى الواقع إلى الشرق من نقطة جـ والمظهر التضاريسى الواقع إلى الغرب منها علماً بأن زاوية مجال الرؤية لكل اتجاه هى ٦٠°.

٥ - صف اتجاه الطريق د هـ و (منسوب هـ = ٧٥٠ م)، واحسب درجة انحدار جزئية دهـ، هـ و.

٦ - أوصف الخصائص الجيومورفولوجية التى يتصف بها المجرى النهرى الذى ينتهى عند (أ).

٧ - قارن جيومورفولوجياً بين السهل الساحلى والسهل الفيضى فى المنطقة الممثلة على الخريطة.



تمرين رقم (٨)

ادرس الخريطة الكنتورية المرسومة بفارق رأسى قدره ٢٠٠م والتى تبين كل المجارى المائية التى تشق طريقها بالمنطقة،. والمطلوب:

١ – احسب مساحة المنطقة الممثلة على الخريطة بالكيلو متر المربع.

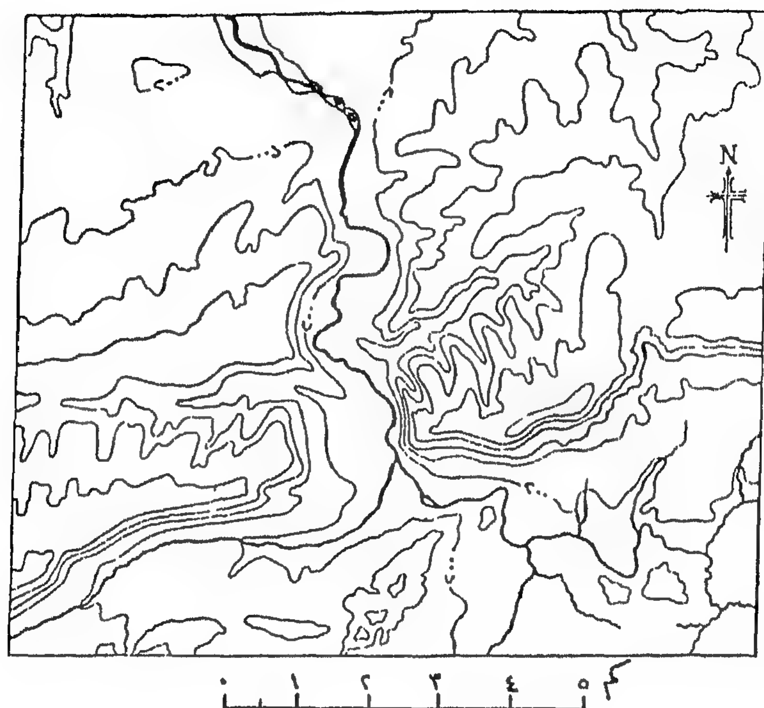
٢ – ظلل المناطق التى يزيد منسوبها عن ٦٠٠م.

٣ – وضح على الخريطة الظاهرات التالية: خانق نهرى، أودية جافة، حافة أو واجهة كويستا.

٤ – صف الظاهرات المرتبطة بالمجرى النهرى المبين على الخريطة، وحدد خصائص الوادى على طول امتداده.

٥ – قارن بين المجارى المائية فى جنوب شرق المنطقة، والمجارى المائية فى جنوبها الغربى.

٦ – حدد أنواع المجارى النهرية المبينة على الخريطة.


N
٠ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ كم

تمرين رقم (٩)

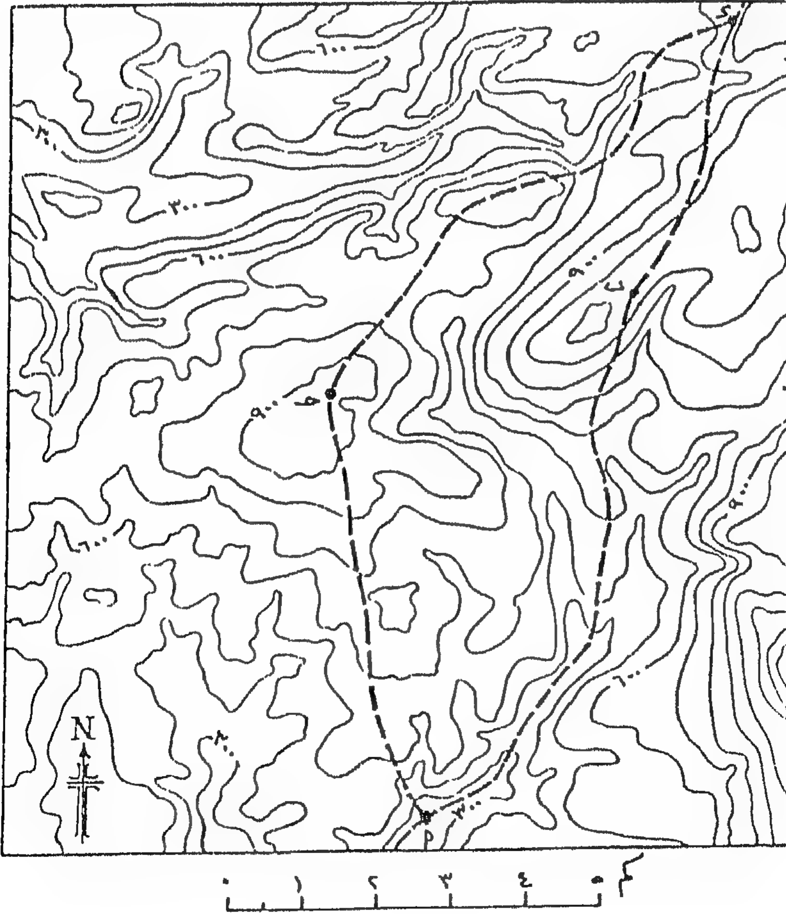
ادرس الخريطة الكنتورية التالية، ثم أجب عما يأتى:

١ – ارسم شبكة التصريف المائى على الخريطة، وحدد خطوط تقسيم المياه بين أحواضها.

٢ – ارسم قطاع تضاريسى للطريق أ ب د.

٣ – صف الطريق أ جـ د وأحسب متوسط انحداره جزئية أ جـ ، جـ، د.

٤ – ارسم قطاعاً طولياً للنهر وروافده الذى يمر بالنطقة (أ) على الخريطة.



تمرين رقم (١٠)

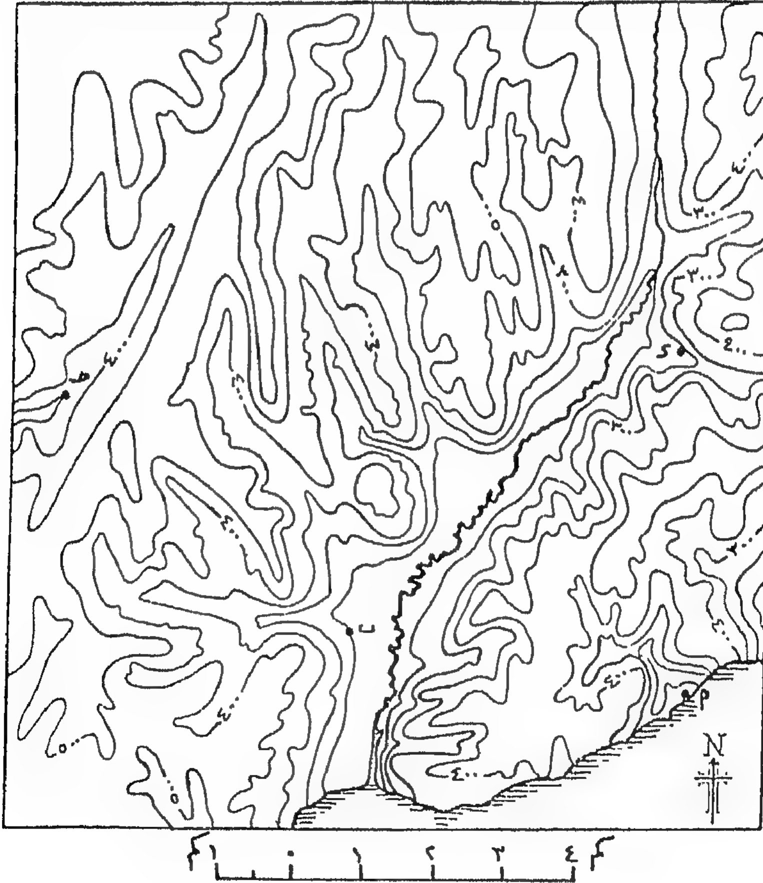
ادرس الخريطة الكنتورية، ثم أجب عما يأتى:

١ - ظلل المناطق التى يزيد ارتفاعها عن ٦٠٠م.

٢ - ارسم قطاعاص زجزاجياً يربط بين النقط أ، ب، جـ، د.

٣ - ارسم على الخريطة الروافد التى تتصل بالنهر الرئيسى عند ضفته اليمنى.

٤ - اكتب وصفاً جيومورفولوجياً مختصراً للمنطقة الممثلة على الخريطة.



تمرين رقم (١١)

ادرس الخريطة الكنتورية التى توضح فى الجهة الغربية منها خط تقسيم مياه بين حوض نهرى تمثل الخريطة جزء منه وحوض نهرى آخر يقع إلى الغرب، ومبين عليه المناسيب بالمتر. كما توضح الخريطة طريق يربط بين ب، جـ، د والمطلوب:

١ – ارسم قطاعين تضاريسيين الأول على طول امتداد خط تقسيم المياه، والثانى بين نقطة (أ) وأعلى نقطة منسوب على خط تقسيم المياه، وعين طوله واتجاهه.

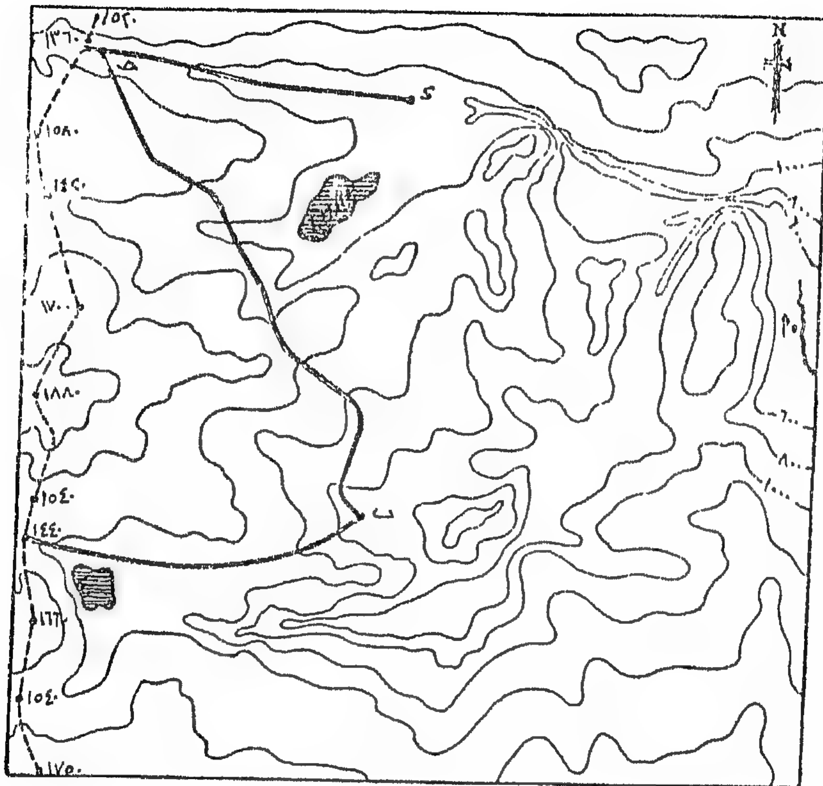
٢ – ارسم شبكة التصريف المائى على الخريطة.

٣ – ارسم قطاعاً طولياً للنهر الذى يمر بجوار نقطة (أ) وروافده الرئيسية.

٤ – اكتب وصفاً جيومورفولوجياً مختصراً للمنطقة الممثلة على الخريطة.

٥ – خطط طريقاً للسيارات يربط بين أ، ب بنسبة انحدار ١ : ٦٠.

٦ – ارسم قطاعات متداخلة وأخرى بانورامية للمنطقة فى اتجاه شمالى/ جنوبى ناظراً إليها من جهة الشرق والمسافة بين كل قطاع والذى يليه ١ كيلومتراً واحداً فى الطبيعة.



مقياس الرسم ١ : ١٢٦٧٢٠

تمرين رقم (١٢)

ادرس الخريطة الكنتورية التالية، والقيم عند أ، ب تبين منسوب المجرى النهرى، والمطلوب:

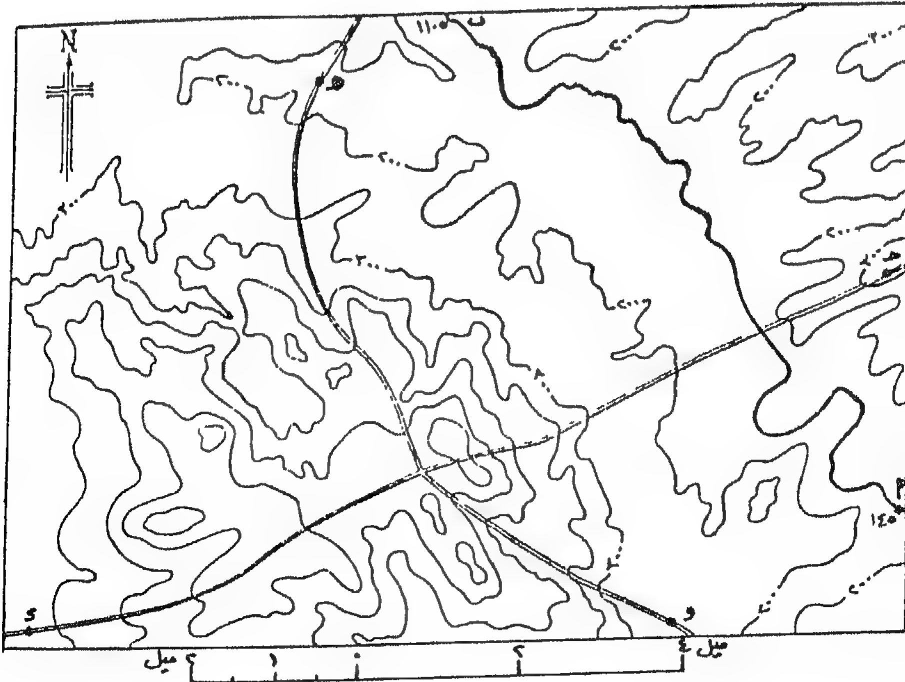
١ – حساب نسبة انحدار المجرى النهرى بين أ، ب.

٢ – ارسم شبكة التصريف النهرى على الخريطة بالتفصيل.

٣ – أوصف بالتفصيل اتجاه وانحدار الطريق جـ د والظواهر التضاريسية التى يمر بها ، وقارن بينه وبين الطريق هـ و.

٤ – هل يمكن رؤية النقطتين د، هـ من نقطة تقاطع الطريقين.

٥ – حدد المناطق المحتجبة عن عين الراصد الواقف فى نقطة تقاطع الطريقين (منسوبها ٦٥٠ متراً) وذلك فى الجهة الغربية من اللوحة المحصورة بين النقطتين د، هـ.



تمرين رقم (١٣) :

ارسم خريطة كنتورية بفاصل كنتورى قدره ١٠٠م ومقياس رسم ١ : مليون لمنطقة مستطيلة الشكل تمتد من الشرق إلى الغرب مسافة ٢٤٠ كم ومن الشمال إلى الجنوب ١٤٠ كم ، وتوجد بها الظاهرات التضاريسية الرئيسية التالية :

ينحدر وادياً نهرياً فى وسط المنطقة تقريباً من شمال الشمال الشرقى إلى جنوب الجنوب الغربى وطول الجزء الممثل منه على الخريطة ١٠٠كم ويصب جنوباً فى لاجون. ويظهر على جانبى الوادى مصطبة ترتفع إلى منسوب ٢٠٠م . والمنطقة الشرقية للوادى عبارة عن جبل ذى قمتين : قمة جنوبية تصل فى إرتفاعها إلى ١٠٠٠م وتطل على البحر بإنحدار رأسى حتى منسوب ٣٠٠م وشديد حتى منسوب ٦٠٠ م ، بينما يصل إرتفاع القمة الشمالية إلى منسوب ١٢٠٠م. ويشرف هذا الجبل من ناحية الغرب بإنحدار شديد من إرتفاع ١١٠٠م إلى ٥٠٠م ثم يقل الإنحدار كثيراً من إرتفاع ٥٠٠ حتى مجرى النهر. وينحدر من منطقة الرقبة بين القمتين رافد صغير طوله ١٢٠ كم ليلتقى بالنهر الرئيسى فى نقطة تبعد ٤٠ كم من مصب النهر الرئيسى. أما الجانب الغربى من وادى النهر الرئيسى فهو عبارة عن منطقة أقل ارتفاعاً من الجانب الشرقى إذ أن أعلى منسوب بها هو هضبة متوسط ارتفاعها ٦٠٠م. ويتقطع سطح الهضبة وحوافها فى المنطقة الممثلة على الخريطة بثلاثة أودية الأول يتصل بالنهر الرئيسى كرافد له، والثانى يصب فى البحر، والثالث ينحدر ناحية الجنوب الغربى للمنطقة. وتنحدر الأرض فى المنطقة إنحداراً محدباً غير شديد نحو الجنوب.

تمرين رقم (١٤):

ادرس الخريطة الكنتورية التالية ثم أجب عما يأتى :

١ – ارسم خطوط التصريف النهرى بدقة كما تبينها خطوط الكنتور.

٢ – احسب قيمة التضاريس النسبية فى المنطقة المبينة على الخريطة.

٣ – عين إتجاه إنحدار سطح الأرض فى المنطقة.

٤ – حدد على الخريطة خطوط تقسيم المياه، وحدود حوض النهر الذى ينحدر صوب الجنوب الشرقى.

٥ – قارن بين النهرين الموضحين على الخريطة من حيث : نسبة الإنحدار – طبيعة وشكل الإنحدار – النوع.

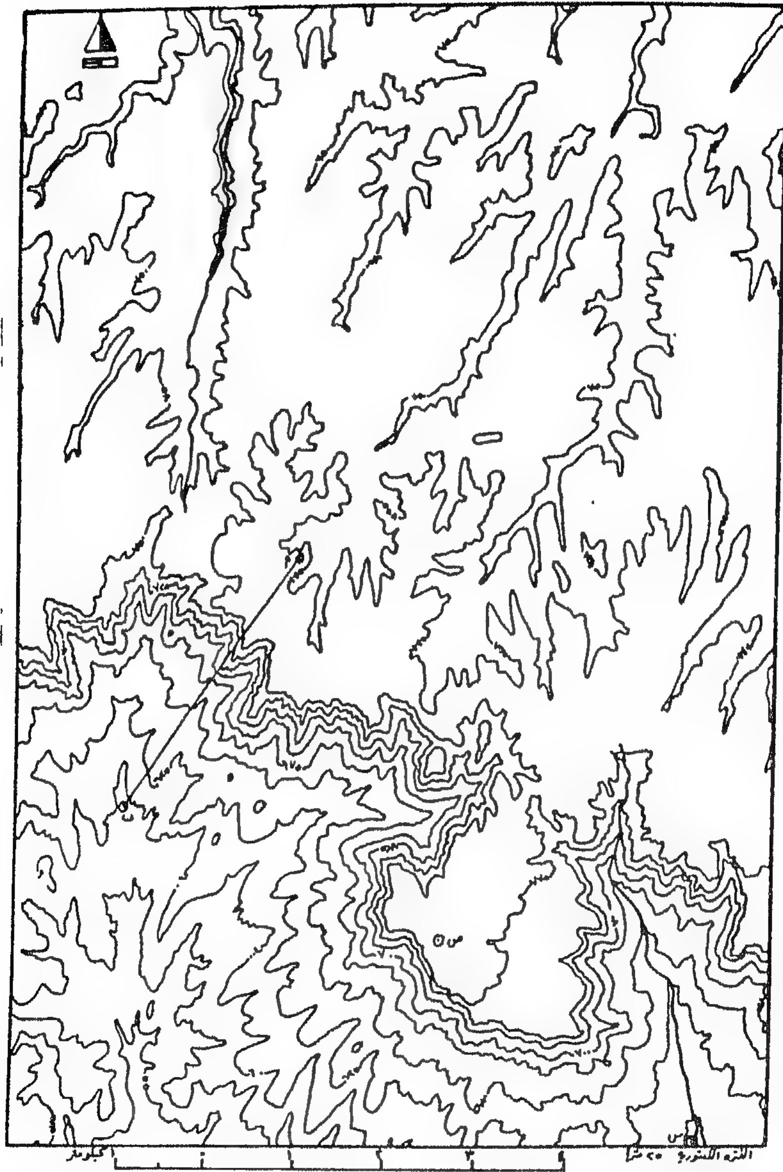
٦ – مانوع نظام التصريف النهرى فى المنطقة المبينة على الخريطة.

٧ – ارسم قطاعاً تضاريسياً على طول الخط أ ب.

٨ – اكتب وصفاً جيومورفولوجياً للمنطقة فيما لايزيد على خمسة أسطر.

٩ – هل يمكن رؤية النقطة (ب) من النقطة (أ) ؟

١٠ – اقترح تخطيط طريق بين نقطتى س ، ص يصلح للسيارات.


كيلومتر
٣

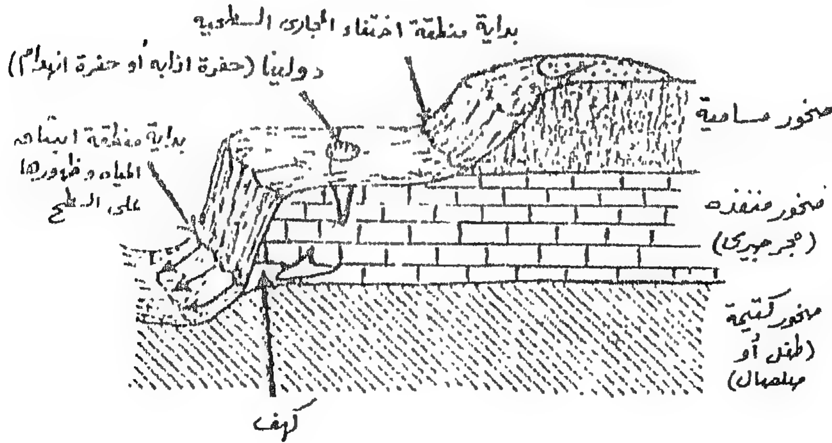
تمرين رقم (١٥):

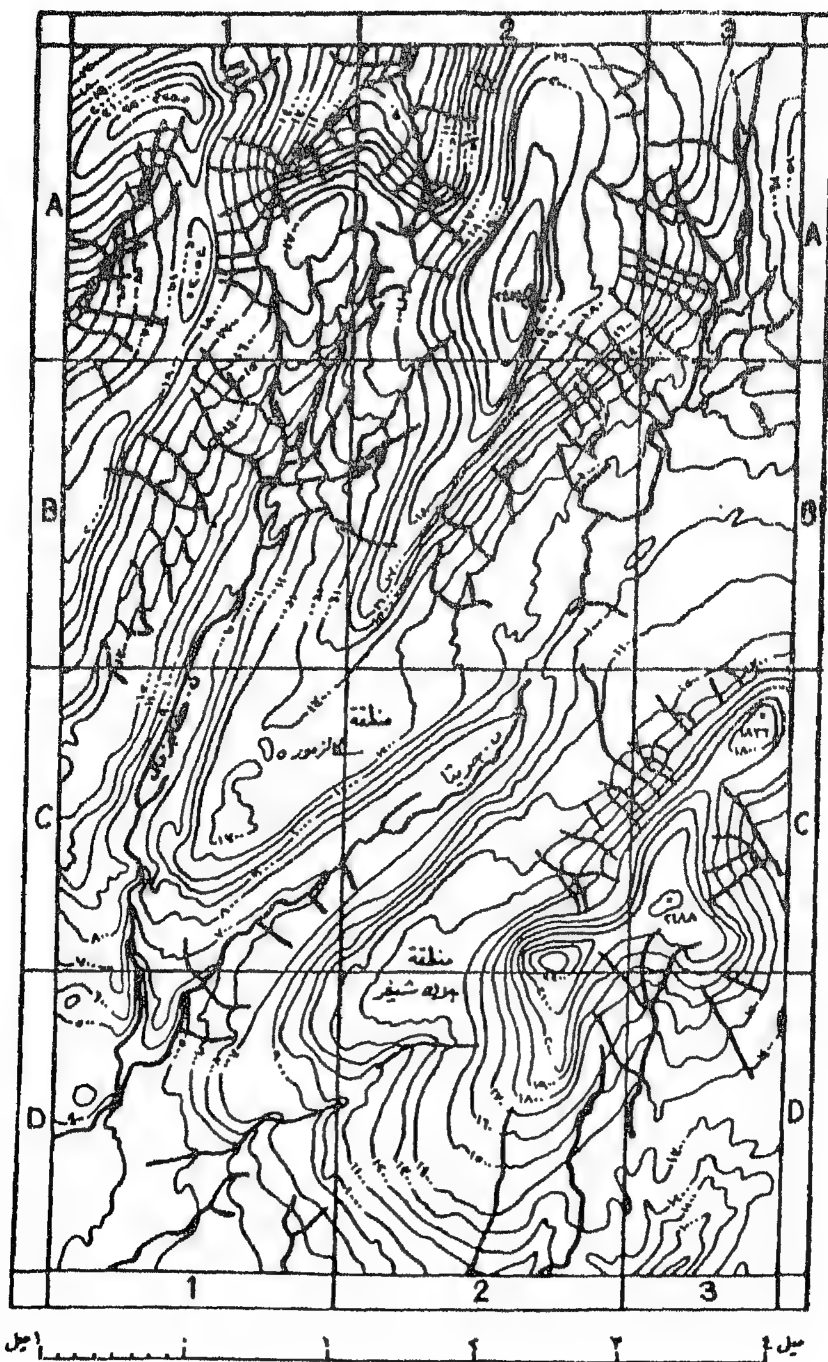
ادرس الخريطة الكنتورية ثم أجب عما يأتى :

١ - اكتب وصفاً تفصيلياً لتضاريس المنطقة المبينة على الخريطة، ثم ارسم خريطة تخطيطية توضح الوحدات التضاريسية التى يمكن أن تقسم إليها المنطقة ، مع رسم القطاعات التضاريسية اللازمة للوصف المورفولوجى.

٢ - يوضح القطاع المجسم البسيط المرفق بالخريطة التركيب الجيولوجى العام للمنطقة. ويعتبر الحجر الجيرى النوع الصخرى الشائع حيث تتشكل عليه مصاطب صخرية مثل منطقة سكالز مور بالمربع C1 وما جاورها ، ومنطقة بلاك شيفر بالمربع C2 وماجاورها. وتختفى المجارى المائية المنحدرة على مكاشف الحجر الرملى والطفل فى كهوف وحفر إنهدامية عند وصولها إلى مكشف الحجر الجيرى، ثم تعاود الظهور مرة أخرى على سطح الأرض عند سطح الإنفصال بين الحجر الجيرى والصلصال، والمطلوب : ارسم على الخريطة بلون مميز كل من السطح العلوى والسطح السفلى لطبقة الحجر الجيرى.

٣ - ارسم على الخريطة خط تقسيم المياه الذى يحدد كل من حوض نهر كنجز دال، ونهر جريتا.




1
2
3
A
B
C
D
منطقة
منطقة
ميل
ميل

تمرين رقم (١٦):

ادرس الخريطة وأجب عن الأسئلة التالية:

١ - اكتب وصفاً تفصيلياً لتضاريس المنطقة مع رسم قطاع فى إتجاه شمالى / جنوبى عبر المربعات A2, B2, C3, D2 وعين عليه الوحدات التضاريسية التى يمكن أن تنقسم إليها المنطقة.

٢ - المربع رقم A1 :

أ - علل : يصنع نهر ديرونت إنحناءات كثيرة فى قسمه الواقع إلى الجنوب من قريتى آيتون الشرقية وآيتون الغربية وذلك بمقارنته بالقسم الواقع إلى الشمال منهما.

ب - علل : إنحناء خط السكة الحديد صوب الشمال عبر هذا المربع.

جـ - ماهى « فى رأيك » العوامل الجغرافية التى أدت إلى نشأة كل من قريتى آيتون الشرقية وآيتون الغربية ؟

٣ - المربع رقم A2 :

أ - ظلل المناطق التى يبلغ منسوبها أقل من ١٠٠ قدم.

٤ - المربعات B1 , B2 , B3 :

أ - احسب نسبة إنحدار الطريق الفرعى من النقطة ٩١ (بالقرب من الحافة الشمالية للمربع B1) إلى خط كنتور ١٠٠قدم (فى المربع A1).

ب - اذكر الأسباب المحتملة وراء إختفاء القرى فى المربعات B1, B2, B3.

جـ - علل : استقاة المجرى النهرى فى المربع B2.

٥ - المربعات C1, C2, D1, D2, D3 :

أ - ارسم محاور الأودية الجافة كما تبينها خطوط الكنتور .

ب - بما تعلل إختفاء المجارى المائية من النصف الجنوبى من المنطقة ؟

جـ - هل يمكن رؤية كنيسة جانتون من النقطة ٥٨٤ ؟

٦ – قارن بين الكثافة السكانية فى المربع A1 والكثافة السكانية فى المربع D1ماهى « فى رأيك » الظروف الطبيعية وراء الإختلاف بينهما؟

٧ – ماهى الصلة التى تجمع بين قرى جانتون، ويللربى، فلكستون ؟ وبماذا تعلل نشأتها ؟

٨ – ماهى المصاعب التى يمكن أن يعانى منها المزارعون فى المربعات ,B1, B2 B3 والمربعات D1, D2, D3 ؟

٩ – اذكر مدلول العلامات الإصطلاحية المرسومة أسفل الخريطة المرفقة.

١٠ – اذكر الإحداثى المحلى العادى، والإحداثى الكيلومترى العادى لكنيسة جانتون.

١١ – ما رقم الخريطة الدولية التى تقع فيها هذه اللوحة ؟

مقياس الرسم لوحدة واحدة للعمل ١ / ٦٣٣٦

ميل ٤ ٣ ٢ ١ ٠ ١

كيلومتر ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠ ١

أحمر	أسود	أسود
»	»	»
»	أزرق	أصفر
أسود	»	

تمرين رقم (١٧):

ادرس الخريطة الكنتورية التالية التى تبين جزء من وادى نهرى يشق المنطقة وينحدر مجراه من الشمال نحو الجنوب ثم الجنوب الغربى، ثم أجب عما يأتى :

١ - ظلل المنطقة التى يتراوح منسوبها بين ١٥٠٠ ، ١٧٠٠م على الجانب الشرقى للوادى، والمنطقة المحصورة بين منسوبى ١٥٠٠، ١٦٠٠م على الجانب الغربى للوادى.

٢ - ماهى الظاهرة الجيومورفولوجية التى تميز هذا الجزء المظلل على جانبى الوادى؟ ولماذا - فى رأيك - اختلف منسوب نطاق تواجدها على جانبى الوادى.

٣ - ماهى أنواع الصخور - بصفة عامة - التى يمكن أن تتوقع وجودها فى المنطقة الممثلة على الخريطة وما ترتيبها الرأسى.

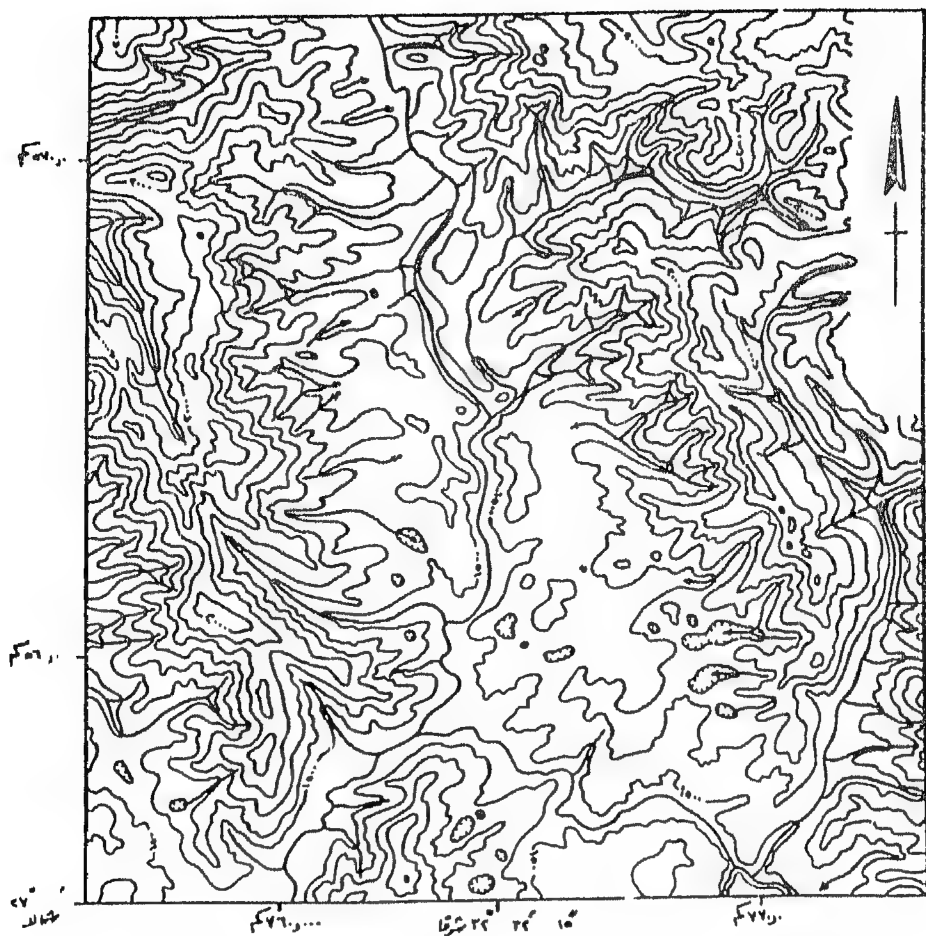
٤ - وضح على الخريطة خط تقسيم المياه بين حوض الوادى الممثل فى الخريطة والأودية المجاورة.

٥ - اكتب وصفاً جيومورفولوجياً مفصلاً للمنطقة، موثقاً بالقطاعات المختلفة التى تراها مناسبة.

٦ - (أ) ماهو أحداثى اللوحة الطبوغرافية التى تعتبر الخريطة جزءاً منها حسب النظام القديم المستخدم فى أطلس مصر الطبوغرافى.

(ب) ماهو إحداثى اللوحة المليونية (مقياس ١ : مليون) التى تقع فيها الخريطة ؟

(جـ) اذكر إحداثى اللوحة الطبوغرافية حسب النظام المليونى الحديث التى تقع فيها الخريطة.



مقياس الرسم ١ ٠ ر ١   الفترة الكنتورية ٢ ١

تمرين رقم (١٨):

ادرس الخريطة الكنتورية التالية ثم أجب عما يأتى :

١ – وضح على الخريطة الشبكة الكاملة للتصريف المائى بالمنطقة (باللون الأزرق).

٢ – وضح على الخريطة خطوط تقسيم المياه الفاصلة بين الأحواض النهرية الرئيسية (باللون الأحمر).

٣ – مانوع نظام التصريف فى المنطقة، إذا علمت أن بنيتها عبارة عن طبقات مختلفة المقاومة لعامل التعرية النهرية وتميل نحو الجنوب بزاوية قدرها ٣٠° ؟

٤ – ما قيمة التضاريس المحلية فى المنطقة.

٥ – يبين الجدول التالى المساحات بالكليومتر المربع المحصورة بين خطوط الكنتور، والمطلوب إنشاء منحنى هبسومترى للمنطقة :

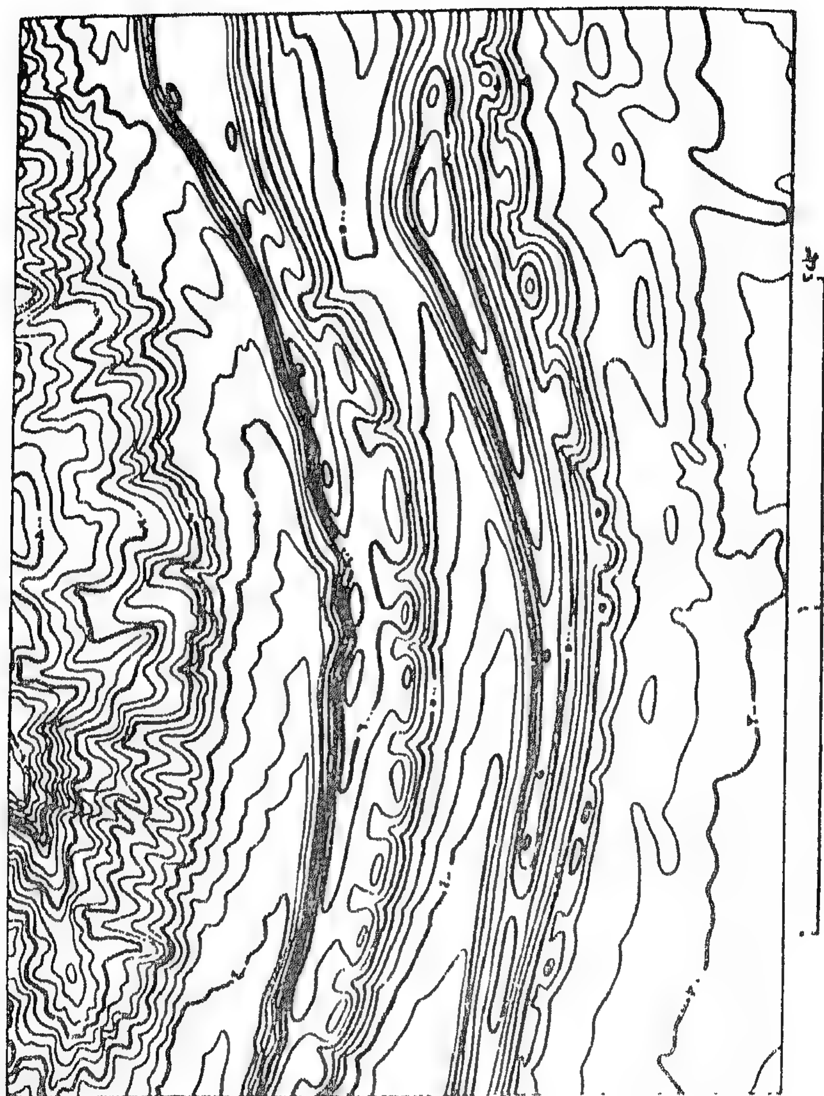
المنسوب	المساحة بالكم٢
أعلى من ٩٠٠ م	٠٦،
٩٠٠ – ٨٠٠	٠,٣٩
٨٠٠ – ٧٠٠	٢,٠٦
٧٠٠ – ٦٠٠	٥,١٧
٦٠٠ – ٥٠٠	٨,٨٥
٥٠٠ – ٤٠٠	٦,٩٤
٤٠٠ – ٣٠٠	٧,٦٢
أقل من ٣٠٠م	٣,٠٠
إجمالى مساحة المنطقة	٣٤,٠٩ كم٢

٦ – هل يمكن رؤية النقطة (أ) من النقطة (ب) ؟

٧ – خطط طريق للسيارات يصل بين نقطتى أ ، ب على ألا تزيد نسبة الإنحدار عليه عن ١ : ٢٠.

٨ – اكتب وصفاً جيومورفولوجياً مختصراً للمنطقة.

٩ – احسب مقياس رسم الخريطة.



تمرين رقم (١٩) :

تتكون المنطقة الممثلة على الخريطة من طبقات صخرية رسوبية تميل ناحية الجنوب بزاوية صغيرة، وترتكز على صخور نارية. والتتابع الصخرى كالتالى :

- جريت .
- حجر رملى طفلى
- حجر جيرى عند قاعدته سمك من الطفل
- حجر رملى
- صخور نارية

وقد شقت الأنهار التى تسير فى إتجاه شرق / غرب أوديتها على طول أسطح الإنفصال بين الحجر الرملى والحجر الجيرى. والمطلوب :

١ - أكمل شبكة التصريف المائى على الخريطة.

٢ - تعرف على أنواع الأنهار الآتية، وميز كل نوع منها بلون مختلف على الخريطة :

أنهار تالية	Subsequent
أنهار عكسية	Obsequent
أنهار تابعة ثانوية	Resequent
أنهار عشوائية	Insequent

٣ - ماهى الظاهرات الجيومورفولوجية الرئيسية التى تظهر على مكشف الحجر الجيرى بالخريطة ؟

٤ - قارن بين المظهر التضاريسى فى مدى رؤية قدره ٦٠° إلى الشمال وإلى الجنوب من نقطة (جـ).

٥ - ارسم القطاع التضاريسى أ ب . هل يمكن الرؤية بينهما ؟

٦ - ارسم خريطة للتضاريس النسبية (المحلية) للربع الشمالى الشرقى للخريطة المرفقة بطريقة المربعات اللونية.

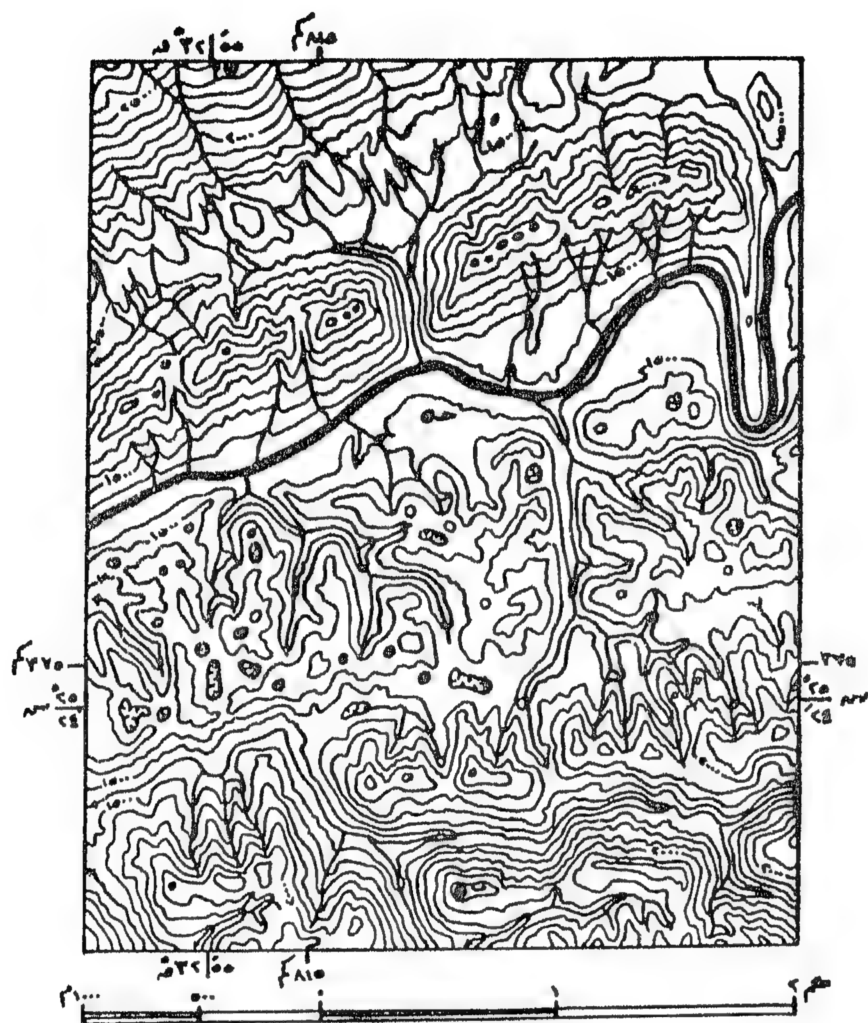
٧ - الخريطة المرفقة جزء من لوحة طبوغرافية مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ من أطلس مصر الطبوغرافى والمطلوب :

أ - ماهو إحداثى اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ ؟

ب - ماهو إحداثى اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ والتى تعتبر اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ جزء منها ؟

جـ - ماهو الإحداثى المحلى الكامل للنقطة (جـ) ؟

د - إذا كان إحداثى اللوحة الجغرافية مقياس ١ : ١,٠٠٠,٠٠٠ التى تضم اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ هو NG 36 (أسوان) ، اذكر الإحداثى العالمى الحديث لكل من اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ المطلوب فى (أ) واللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ المطلوبة فى (ب).



١٠٠٠م
٥٠٠
٠
١
٢كم
الفاصل الكنتوري ٦٠٠م

تمرين رقم (٢٠) :

ادرس الخريطة الكنتورية ثم أجب عما يأتي :

١ - ماهو عامل التعرية الذى شارك فى تشكيل سطح أرض المنطقة الممثلة على الخريطة فى الماضى ؟ وما هو العامل السائد فى الوقت الحاضر ؟ اذكر الأدلة على ذلك من واقع قراءتك لخطوط الكنتور.

٢ - ارسم قطاعات طولية للنهر وروافده وعليها القطاعات العرضية الأربعة.

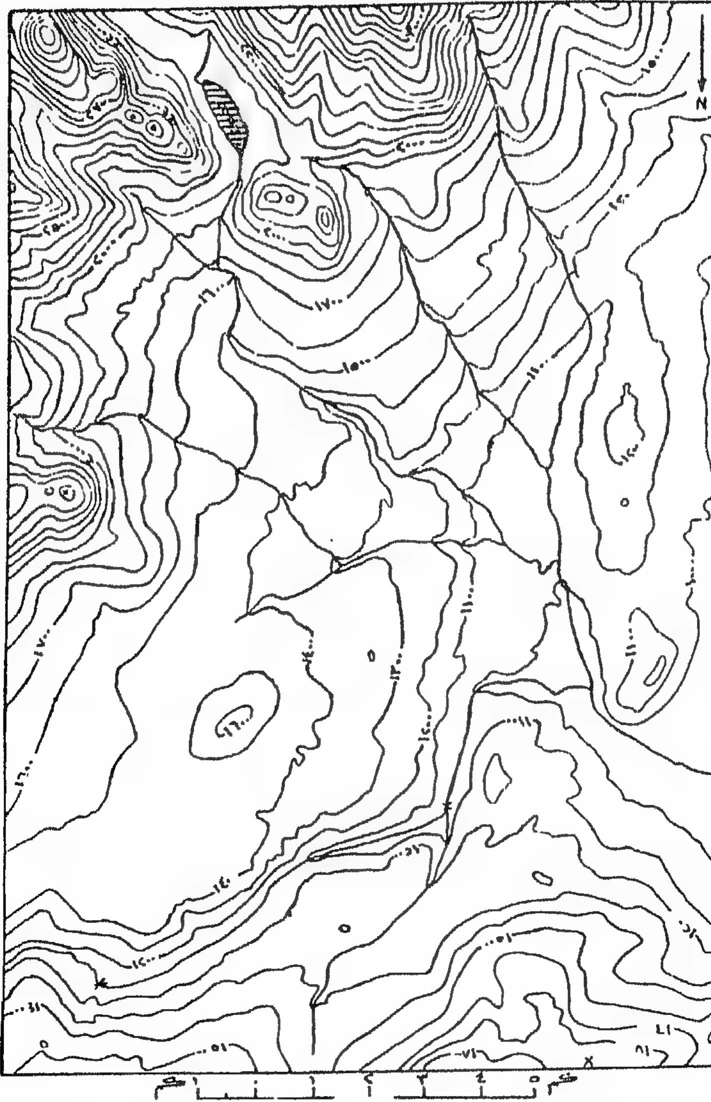

١٠٠٠ متر
٥٠٠
١

تمرين رقم (٢١) :

ادرس الخريطة الكنتورية، والمطلوب:

١ - رسم قطاع طولى للمجرى النهرى الرئيسى الذى تعترضه بحيرة ولروافده الثلاثة.

٢ - إنشاء خريطة للتضاريس النسبية للمنطقة بطريقتين مختلفتين.

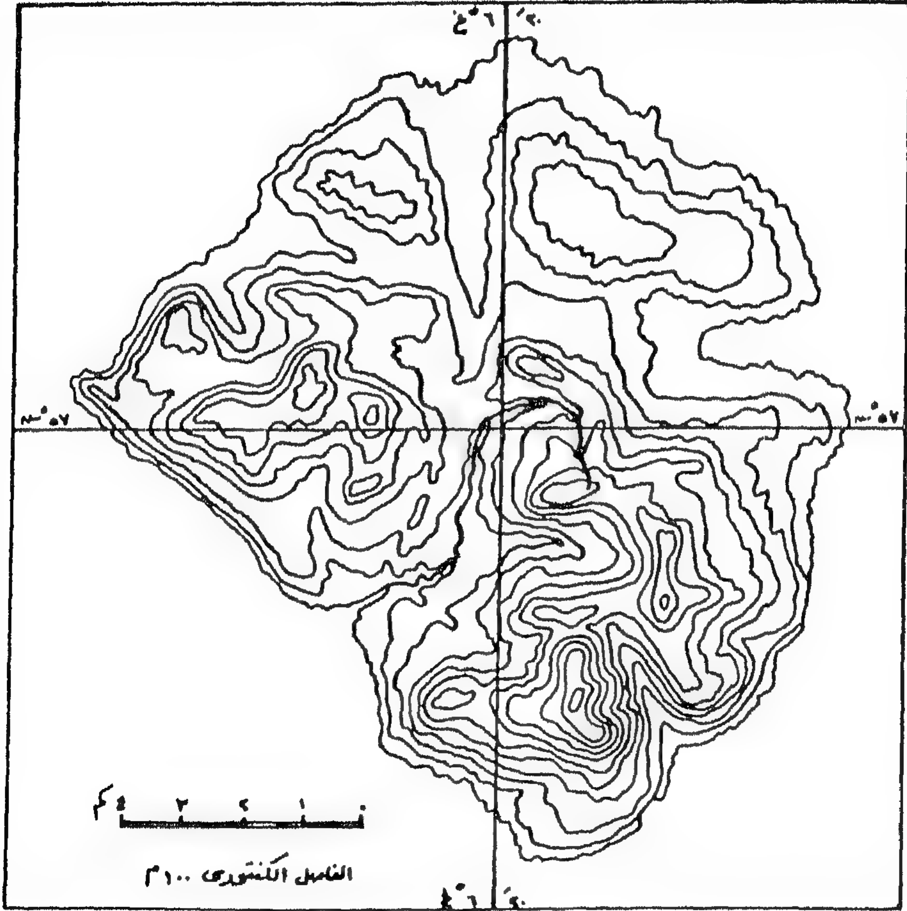


تمرين رقم (٢٢) :

تبين الخريطة الكنتورية إحدى الجزر البركانية فى البحر الأحمر والمطلوب:

١ – إنشاء منحنى هبسومترى للجزيرة.

٢ – إنشاء منحنى كلينوجرافى بالطرق المختلفة التى درستها للجزيرة.

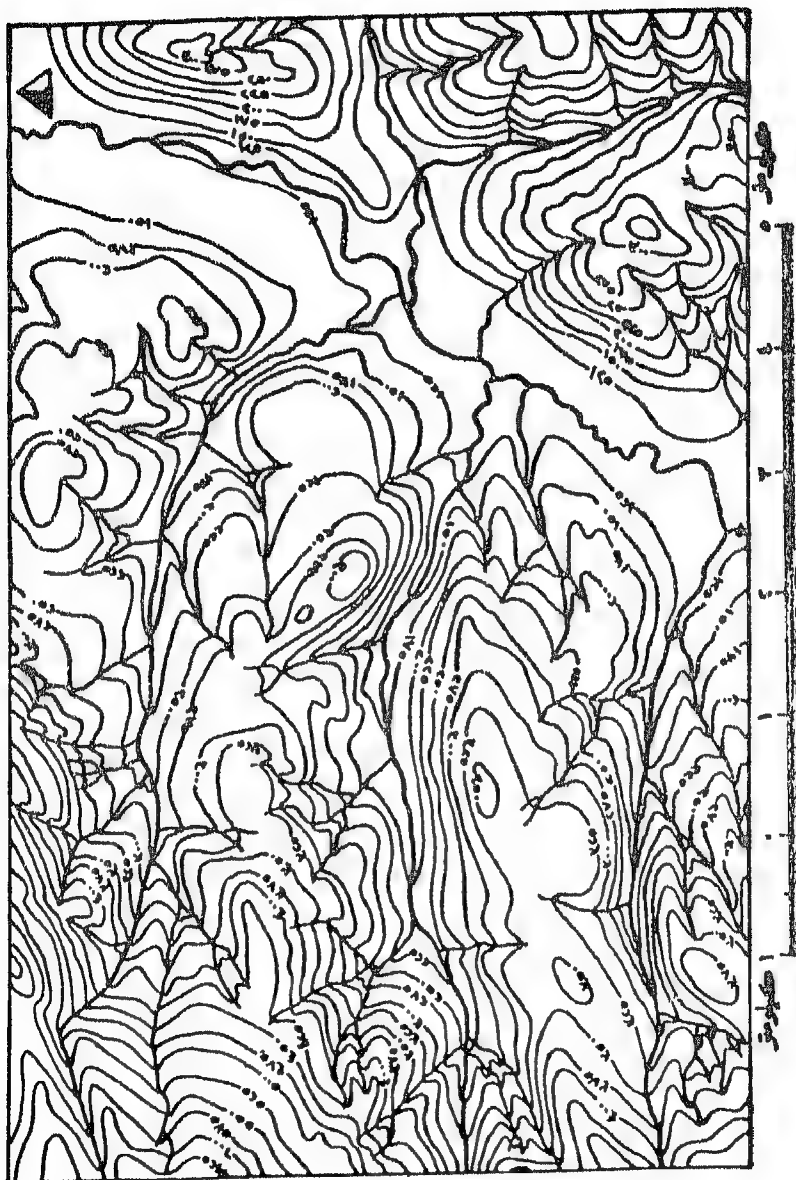


تمرين رقم (٢٣) :

تبين الخريطة الكنتورية وادياً رئيسياً فى الجهة الشرقية منها، وتنتهى إليه ثلاثة روافد رئيسية تأتى من الجهة الغربية، والمطلوب:

١ - إنشاء خريطة كنتور مبسط للجهة الغربية من الوادى الرئيسى بحيث تبقى على الروافد الثلاثة الرئيسية فقط أولاً، ثم خريطة كنتور مبسط أخرى تبين شكل سطح الأرض قبل أن تخطها تلك الروافد الثلاثة.

٢ - اكتب فيما لايزيد عن خمسة أسطر وصفاً جيومورفولوجياً للأرض القديمة قبل أن ينشأ عليها الروافد الغربية.



تمرين رقم (٢٤) :

ادرس الخريطة الكنتورية التى تبين جزء من وادى عباد بالصحراء الشرقية ثم أجب عما يأتى :

١ - ارسم قطاعات متداخلة وأخرى بانورامية وقطاع ثالث مركب للمنطقة فى إتجاه شمالى / جنوبى ناظراً نحو الشرق بحيث تكون المسافة بين كل قطاع وآخر فى الطبيعة ٥٠٠ م.

٢ - ارسم هستوجرام التيمترى يلخص مناسيب المنطقة.


١٠٠٠م
٥٠٠
٠
١
٢
كم

تمرين رقم (٢٥) :

يبين زوج الخريطة الكنتورية التالية وادى جليدى والظاهرات المرتبطة به، باستخدام الاستريوسكوبى الجيبى، اكتب وصفاً تفصيلياً للمنطقة التى رأيتها مجسمة مستعيناً فى ذلك بالخريطة الكنتورية البلانيمترية المرفقة.



المناسيب بالقدم   مقياس الرسم ١ : ٦٢٫٥٠٠

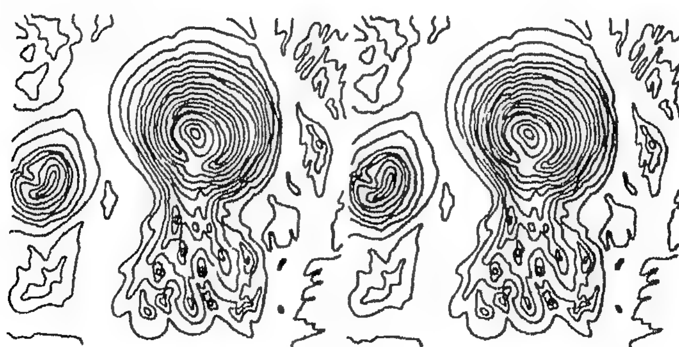


تمرين رقم (٢٦) :.

يبين زوج الخريطة الكنتورية التالية منطقة تأثرت بنشاط بركانى، ادرس تلك المنطقة استريوسكوبياً ثم اكتب وصفاً لها بمساعدة الخريطة الكنتورية البلانيمترية المرفقة.



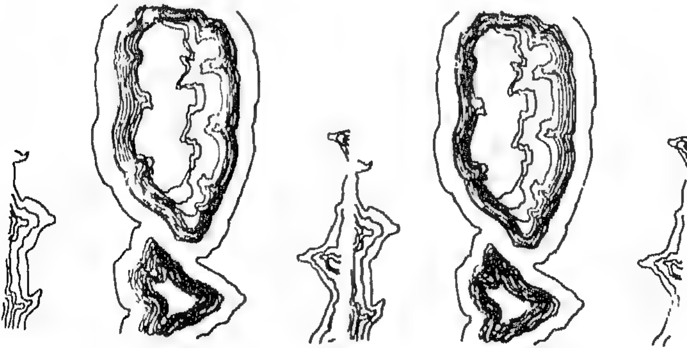
المناسيب بالقدم　　　　مقياس الرسم ١ : ٤٠٫٠٠٠



تمرين رقم (٢٧) :

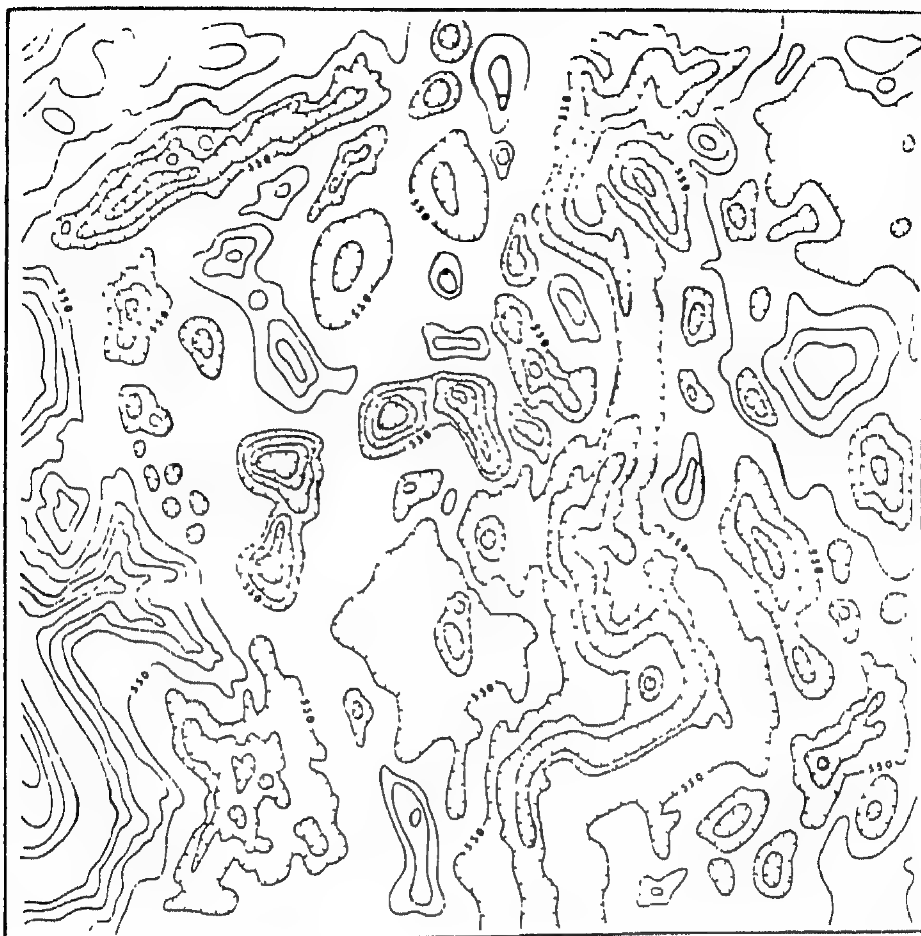
ادرس زوج الخريطة الكنتورية التالية باستخدام الاستريوسكوب الجيبى، ثم اكتب وصفاً تفصيلياً للظاهرة التى تبينها بعد رؤيتها مجسمة وبالاستعانة بالخريطة الكنتورية البلانيمترية المرفقة.

المناسيب بالقدم   مقياس الرسم ١ : ٤٠،٠٠٠

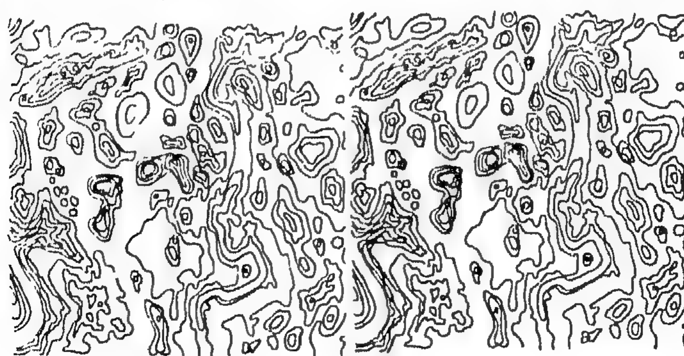


تمرين رقم (٢٨) :

تبين الخريطة الكنتورية البلانيمترية منطقة تتكون من طبقات سميكة من الحجر الجيرى يتداخل فيها راقات من الطفل وتسقط عليها كمية مناسبة من الأمطار، لاحظ هذه المنطقة استريوسكوبياً بواسطة زوج الخريطة الكنتورية وتعرف على أهم الظاهرات الجيومورفولوجية بها وتصنيف تلك الظاهرات.

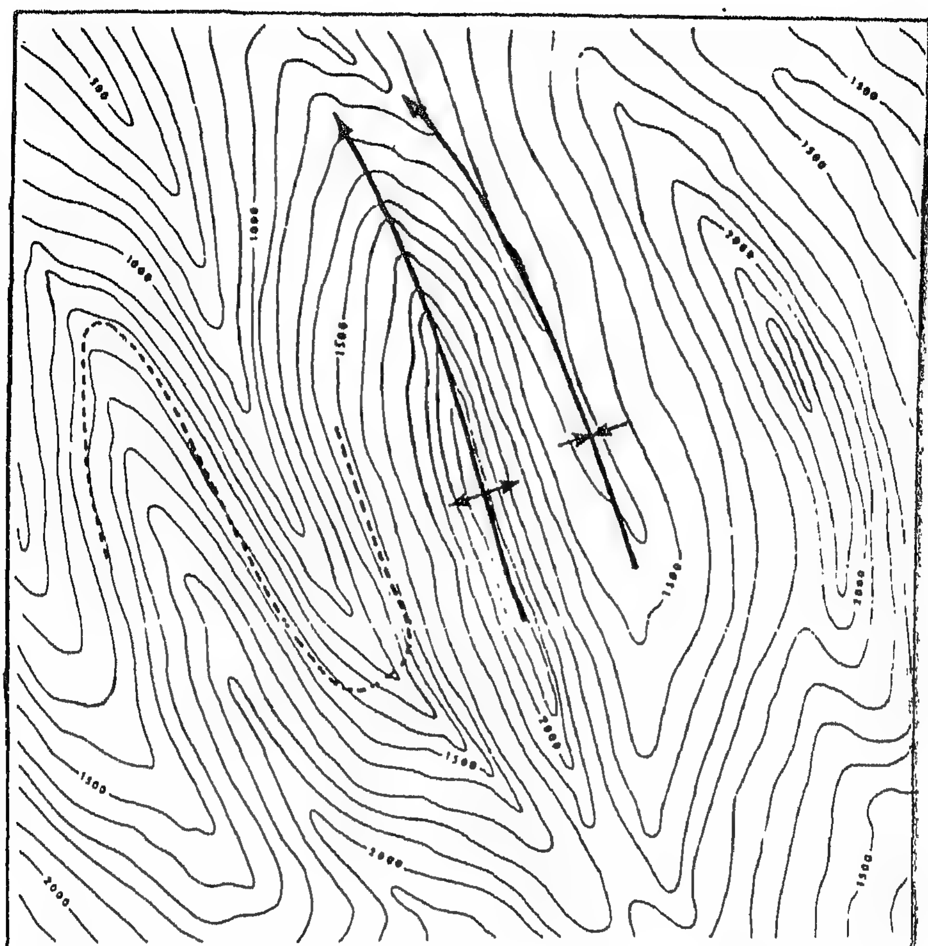


الفاصل الكنتوري ١٠ قدم — مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠٠



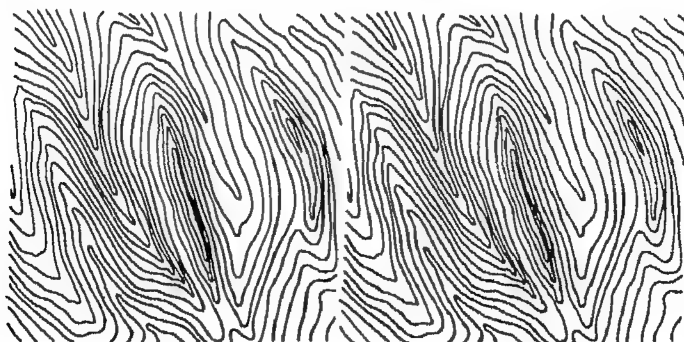
تمرين رقم (٢٩) :

ادرس زوج الخريطة الكنتورية التالية باستخدام الاستريوسكوب الجيبى، ثم اكتب وصفاً تفصيلياً للمنطقة بعد رؤيتها مجسمة وبالاستعانة بالخريطة الكنتورية البلانيمترية المرفقة.



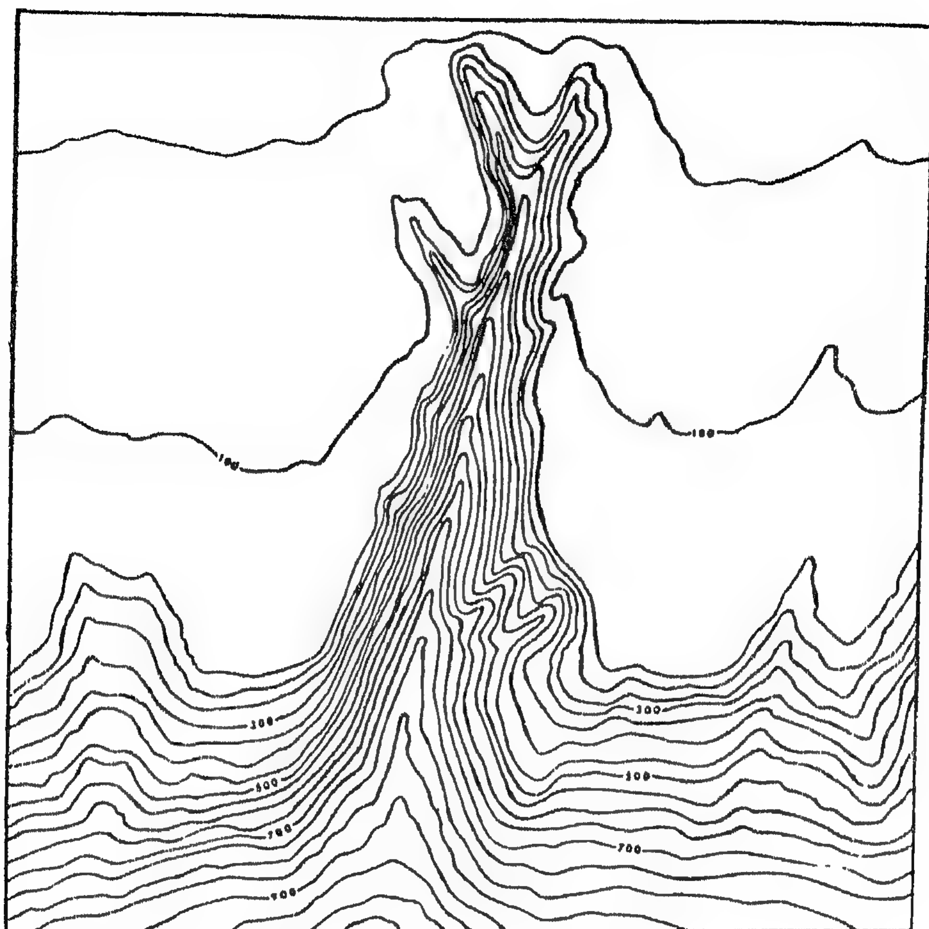
الفاصل الكنتوري بالقدم

مقياس الرسم ١ : ٤٠و٠٠٠

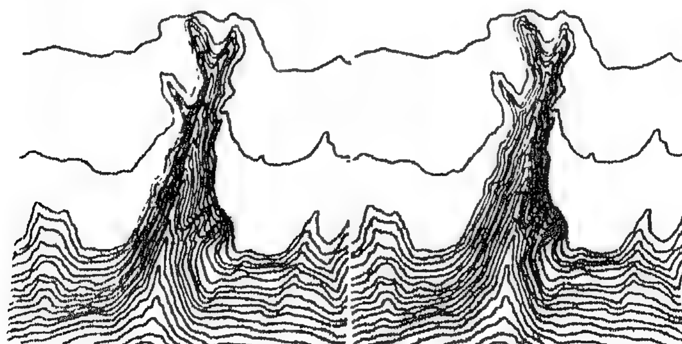


تمرين رقم (٣٠) :

يبين زوج الخريطة الباثميترية التالية ظاهرة الأخاديد البحرية على الأرصفة القارية، اكتب وصفاً تفصيلياً لهذه الظاهرة بعد دراستها استريوسكوبياً باستخدام الاستريوسكوب الجيبي وبمساعدة خريطة خطوط الأعماق المتساوية (الباثيمترية) المرفقة.



الفاصل الباثيمتري ٢٥ قدم　　　مقياس الرسم ١ ، ١٠٠٠و٢٥



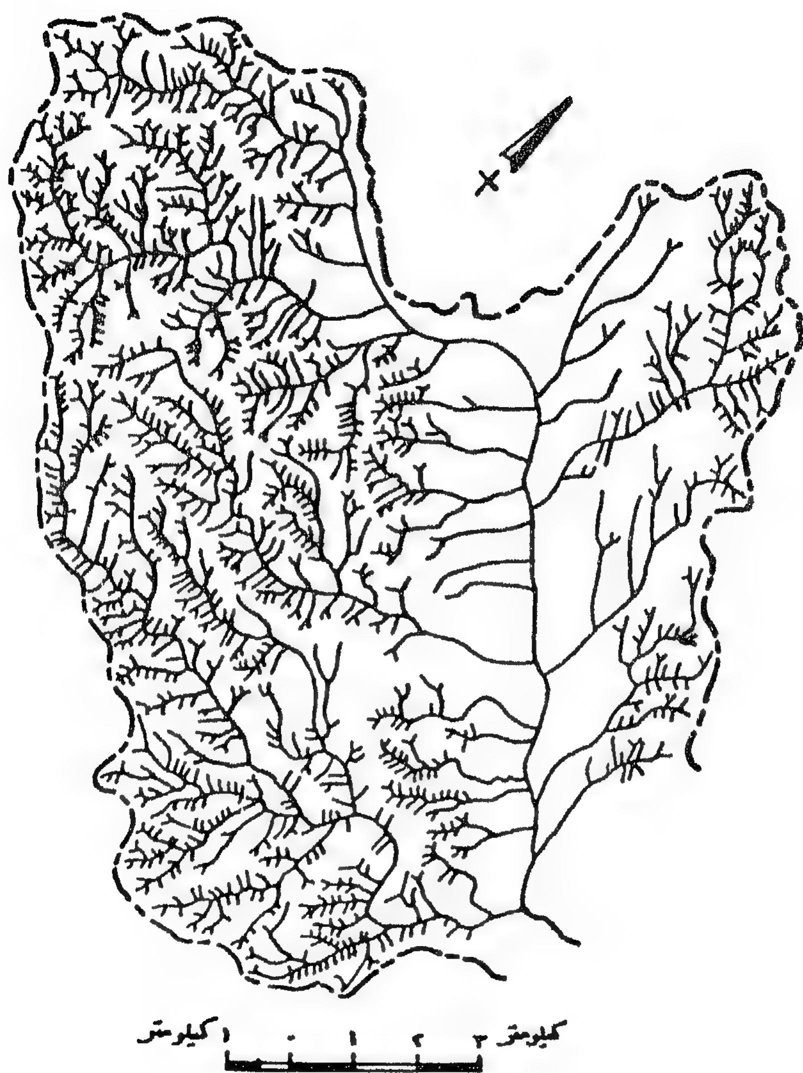
تمرين رقم (٣١) :

ادرس الخريطة الكنتورية التى تبين جزء من شبكة التصريف المائى لحوض وادى الأوسط بمنطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية ثم أجب عما يأتى :

١ – ارسم خريطة تبين الرتب المختلفة للمجارى المائية تبعاً لطريقة شتريلر، وبين عددها فى جدول مناسب.

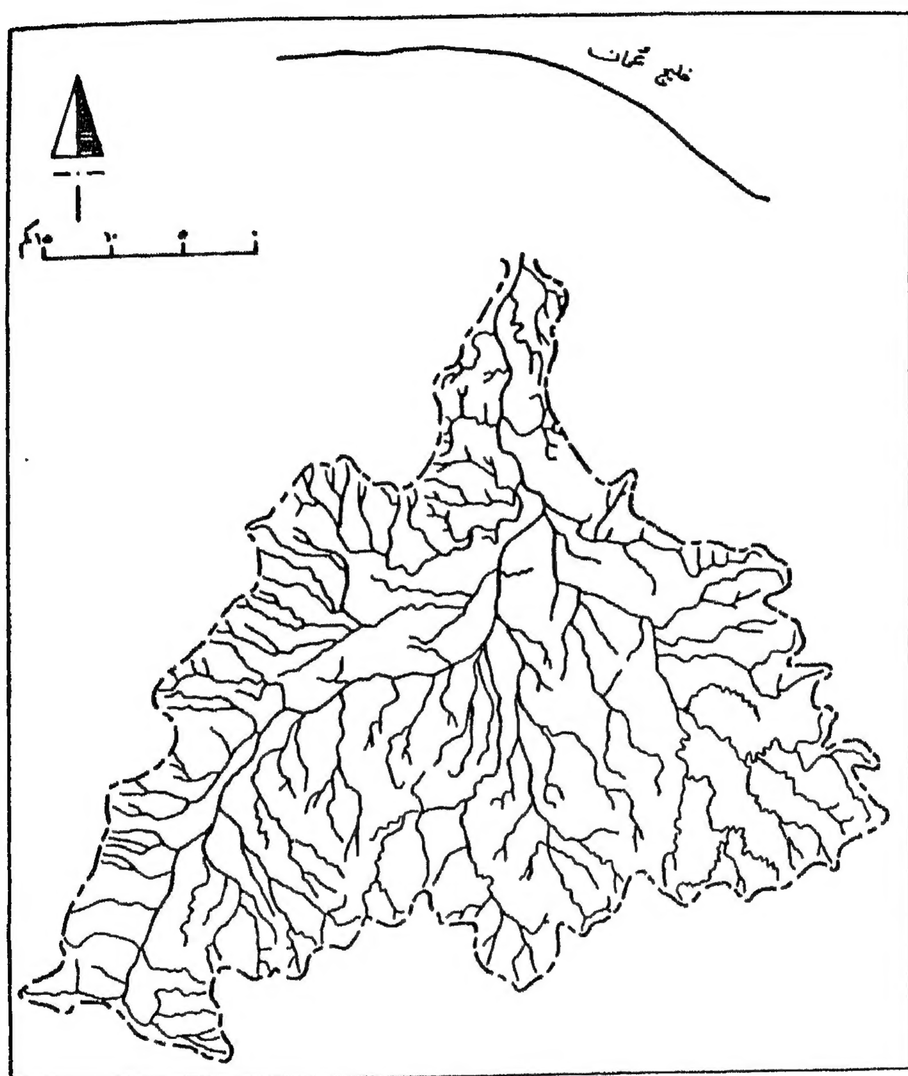
٢ – احسب نسبة التشعب بين الرتب المختلفة.

٣ – احسب العلاقة بين أطوال مجارى الرتب المختلفة.


كيلومتر ٣ ٢ ١ ٠ ١ كيلومتر

تمرين رقم (٣٢) :

تبين الخريطة التالية شبكة التصريف المائى السطحى لحوض وادى سمائل بسلطنة عُمان، والمطلوب رسم خريطة تبين الرتب المختلفة للمجارى المائية تبعاً لطريقة شريف وبين عددها فى جدول مناسب.


خليج عُمان
٥
١٠
١٥كم

تمرين رقم (٣٣) :

افحص الخريطة الكنتورية التى تمثل حوض وادى الدومى. ويقع هذا الحوض على الضفة اليمنى لنهر النيل إلى الشمال من إدفو. ويقع هذا الحوض فوق تكوين الطفل المتباين Variegated shale الذى يتكون من طبقات رقيقة متعاقبة من الصلصال السلتى والسلت والحجر الرملى والتى تكاد تكون أفقية إلا من ميل بسيط يتراوح بين ٠,٥ ، ١ درجة ناحية الشمال الغربى. ويسقط على الحوض كمية مطر سنوى لاتتعدى ٠,٢ سم ولا تسمح بجريان سطحى إلا فى بعض الأوقات الشاذة حيث تبلغ كثافة المطر ٤,٤ سم / الساعة. والمطلوب :

١ - ارسم خريطة تبين الرتب المختلفة لشبكة التصريف فى الحوض تبعاً لطريقة شتريلر، والحق بها جدولاً يبين عدد المجارى فى كل رتبة.

٢ - ارسم على لوحة بيانية نصف لوغاريتمية منحنى يبين تتابع عدد المجارى فى كل رتبة نهرية.

٣ - احسب نسبة التشعب للحوض.

٤ - احسب متوسط طول مجرى كل رتبة نهرية بالحوض، وارسم منحنى بيانى يبين العلاقة بين معدل الطول التجميعى للمجارى المائية ورتبها.

٥ - احسب كثافة التصريف فى الحوض.

٦ - ارسم منحنى بيانى يبين القطاع الطولى النظرى للرتب النهرية.

٧ - ماهى العلاقة - فى رأيك - بين النتائج التى توصلت إليها فى البنود السابقة والظروف الجيولوجية والمناخية للحوض.


نهر النيل
كيلومتر ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠ ١ كيلومتر